



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

## Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

## À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>















LIBRAIRIE  
SCIENTIFIQUE & LITTÉRAIRE  
ALDRE COCCOZ  
11 RUE DE L'ANCRE COMÉDIE





**NOUVEAUX ÉLÉMENTS**

**DE**

**PHYSIOLOGIE HUMAINE**

**DU MÊME AUTEUR :**

**De l'habitude en général.** Thèse pour le doctorat en médecine. In-4°. Montpellier, 1856.

**Anatomie générale et physiologie du système lymphatique.** Thèse de concours pour l'agregation. In-4°. Strasbourg, 1863.

**Nouveaux éléments d'anatomie descriptive et d'embryologie,** par H. BEAUNIS et A. BOURCHARD. In-8°. Deuxième édition. Paris, 1873.

**Impressions de campagne, 1870-1871. — Siège de Strasbourg. — Campagne de la Loire. — Campagne de l'Est.** (*Gazette médicale de Paris*, 1871-1872.)

**De l'organisation du service sanitaire dans les armées en campagne.** Brochure in-8°. Paris, 1872.

**Programme d'un cours de physiologie fait à la Faculté de médecine de Strasbourg.** In-18. Paris, 1872.

**Note sur l'application des injections interstitielles à l'étude des fonctions des centres nerveux.** In-8°. Paris, 1872, et *Gazette médicale de Paris*, 1872.

**Remarques sur un cas de transposition générale des viscères** In-8°. Paris, 1874, et *Revue médicale de l'Est*, 1874.

**La force et le mouvement.** (*Revue scientifique*, 1874.)

**Les principes de la physiologie.** Leçon d'ouverture du cours de physiologie. Brochure in-8°. Nancy, 1875.

---



Y9A9B1 39A1



F31  
B38

1876

## PRÉFACE

---

Cet ouvrage se divise en quatre parties.

Dans la première, intitulée *Prolégomènes*, sont traitées les questions générales qui servent d'introduction à la physiologie humaine, telles que celles de la *corrélation des forces, des caractères des êtres vivants*, etc.

La seconde est attribuée tout entière à la *chimie physiologique*.

La troisième et la plus considérable est consacrée à la *physiologie de l'individu* : une première section comprend la *physiologie générale, physiologie cellulaire, physiologie des tissus, physiologie générale de l'organisme* ; une seconde section comprend la *physiologie spéciale*, c'est-à-dire les *fonctions de l'organisme humain*.

Enfin, la dernière partie traite de la *physiologie de l'espèce*.

Ce plan, tel que je viens de le résumer d'une façon succincte, je l'ai déjà suivi dans mes cours et mes conférences, soit à la Faculté de Strasbourg comme agrégé, soit à la Faculté de Nancy comme professeur de physiologie, et j'en ai déjà indiqué les traits principaux dans mon *Programme de physiologie*.

Ce n'est pas cependant sans de longues hésitations que je l'ai transporté du cours au livre et que je me suis décidé à rompre avec la tradition classique, malgré l'autorité de noms tels que ceux de Bichat, Bérard, Longet, etc. Mais on ne manque pas de respect aux maîtres de la science en changeant les divisions qu'ils ont établies, quand ces

divisions sont devenues insuffisantes et incomplètes; on manquerait à la science en les conservant.

Depuis l'époque à laquelle écrivait Bichat, la physiologie s'est transformée; deux grandes lois, celle de la *corrélation des forces* et celle de l'*évolution des êtres vivants* (*transformisme*), sont venues révolutionner les sciences physiques et naturelles, et opèrent aujourd'hui la même révolution dans la physiologie humaine; des chapitres nouveaux se sont ajoutés aux anciens; la *chimie physiologique* a accumulé découvertes sur découvertes; le microscope nous a révélé toute une physiologie inconnue autrefois, celle de la cellule et des éléments anatomiques, etc. Ces découvertes, ces idées nouvelles, le physiologiste doit les accepter, et il serait puéril de vouloir immobiliser la science dans un moule de convention parce que ce moule a été créé par Bichat.

Les matériaux amassés dans ces dernières années sont tellement nombreux qu'il est souvent peu aisé de choisir entre des faits parfois contradictoires, d'interprétation difficile, et dont la valeur scientifique dépend de la valeur même de l'observateur. La science est encombrée d'expériences douteuses, de faits mal étudiés, de conclusions fausses, de théories prématurées; tout le monde est un peu physiologiste aujourd'hui, et ce n'est pas chose facile que de déblayer tous ces matériaux et que de distinguer le vrai physiologiste du physiologiste de rencontre. Aussi n'ai-je pas la prétention, incompatible avec la nature même de ce livre, d'avoir été complet; je crois cependant n'avoir rien omis d'essentiel et avoir utilisé tous les travaux sérieux et intéressants. Quant aux autres, le lecteur ne pourra se

plaindre s'ils ne sont même pas mentionnés. Dans les questions encore à l'étude, comme celle des nerfs vasculaires, par exemple, pour n'en citer qu'une, je me suis limité à l'exposition impartiale des faits, car dans l'état actuel de nos connaissances, il est impossible de les rattacher à une théorie satisfaisante; ces questions douteuses sont nombreuses en physiologie; mais le lecteur ne doit pas s'en étonner; ces imperfections sont inévitables dans une science en voie de formation.

La chimie physiologique a reçu des développements en rapport avec l'extension prise par cette partie de la science. J'ai même cru devoir réunir toutes ces notions dans un chapitre spécial, pour mieux faire saisir le lien étroit qui les rattache toutes ensemble. Malheureusement, malgré la multiplicité des recherches, les résultats positifs sont encore peu nombreux, et si l'on entrevoit confusément quelques lueurs de la vérité, il nous est impossible de nous faire une idée nette des transformations chimiques qui se passent dans l'organisme vivant; il n'y a pas un seul principe organique qu'on puisse suivre depuis son entrée jusqu'à sa sortie, pas un seul organe dont la chimie nous soit réellement connue. Dans ce chapitre, le point de vue chimique cède toujours le pas au point de vue physiologique, et les données chimiques ne sont utilisées qu'autant qu'elles peuvent être appliquées à la physiologie.

La physiologie cellulaire, cette base fondamentale de la physiologie spéciale, a été l'objet d'une attention particulière, et un paragraphe distinct a été consacré à l'étude de la cellule et de ses parties constituantes.

L'outillage physiologique s'est perfectionné dans ces

derniers temps, et le nombre des appareils et des instruments s'est considérablement augmenté. Il était impossible de les décrire tous; il a fallu forcément faire un choix; mais les plus importants ont été décrits et figurés dans le cours de l'ouvrage, et tous ceux qui ont une certaine valeur ont été mentionnés avec l'indication bibliographique qui permettra au lecteur de recourir au travail original.

Les questions générales, trop négligées aujourd'hui dans les ouvrages classiques, ont été traitées le plus brièvement possible, mais avec assez de développement pour en faire ressortir toute l'importance et en indiquer les traits principaux. C'est ainsi que le lecteur trouvera, dans les Prolégomènes, des études sur la *force* et le *mouvement*, les *caractères de la vie*, les *différences des animaux et des végétaux*, la *place de l'homme dans la nature*, et que les questions de l'*espèce* et de son origine, de l'*origine de l'homme*, de l'*homme primitif*, etc., sont exposées dans l'esprit des théories modernes.

L'auteur n'a pas cru non plus que la physiologie dût laisser de côté, pour l'abandonner aux philosophes, la partie psychologique de la *physiologie cérébrale*; pour lui, en effet, à l'exemple de l'école anglaise, la psychologie trouve dans la physiologie sa base la plus sûre et la plus solide; aussi n'a-t-il pas craint de traiter, en s'appuyant sur les données physiologiques, les questions des *sensations*, des *idées*, du *langage*, de la *conscience*, de la *volonté*, etc., et si les limites de ce livre lui ont interdit de s'étendre sur ces sujets, il espère en avoir assez dit pour en préciser nettement les points essentiels.

J'appellerai maintenant l'attention du lecteur sur quelques innovations introduites dans ce livre.

Deux sortes de caractères ont été employés. Le gros texte comprend les notions courantes indispensables; le petit texte a été réservé pour les descriptions de procédés et d'appareils, les théories, les développements, les matières difficiles ou encore peu connues, les questions générales, bref, pour tout ce qui s'écarte un peu de la physiologie ordinaire. En un mot, pour une première lecture, le débutant pourra laisser de côté tout le petit texte et se borner à étudier dans le gros texte la physiologie élémentaire; puis à une seconde lecture, le petit texte l'initiera aux difficultés et aux parties ardues de la science.

En tête de chaque chapitre, à l'imitation de ce qui se pratique dans les traités d'anatomie, un paragraphe donne, en petit texte, la description des procédés et des appareils employés pour étudier les questions traitées dans le chapitre. Il m'a semblé préférable de suivre cette marche, au lieu de placer, dans le courant même du texte, des descriptions d'appareils souvent longues, fastidieuses et difficiles à suivre, même avec une figure.

Un chapitre préliminaire intitulé : *le Laboratoire de physiologie*, fait connaître la disposition générale et l'installation d'un laboratoire; il m'a semblé qu'il y avait là une idée utile à emprunter à certains traités de chimie. J'aurais voulu même donner à ce chapitre une extension plus grande, et dans le plan primitif le lecteur y aurait trouvé la description succincte des laboratoires principaux de la France et de l'étranger, mais les exigences matérielles de l'ouvrage n'ont pas permis de donner suite à cette idée. A la fin de ce chapitre et sous le titre de : *Laboratoire de l'étudiant*, j'indique comment un étudiant peut se monter, à peu de frais, un petit laboratoire de physiologie, et pour



faciliter son travail, j'ajoute quelques planches représentant l'anatomie de la grenouille, l'animal le plus facile à se procurer et avec lequel on peut répéter la plupart des expériences fondamentales de la physiologie.

Connaissant la facilité avec laquelle s'oublie les formules et les réactions des principes organiques, et l'embarras qui en résulte pour l'étudiant quand il rencontre des termes dont il a oublié la signification, j'ai donné, dans un appendice et par ordre alphabétique, les formules, les caractères et les réactions principales de toutes les substances de l'organisme; le lecteur aura donc immédiatement sous la main, en cas d'oubli, les renseignements qui lui font défaut, et n'aura besoin de recourir à un traité de chimie que quand il voudra se livrer à une étude plus approfondie.

Un court chapitre de toxicologie physiologique résume l'action des anesthésiques, du curare et des principaux toxiques usités en physiologie.

Un grand nombre de figures originales, dessins d'appareils et d'instruments, régions anatomiques, figures schématiques, ont été gravées pour ce livre; un certain nombre de figures ont été empruntées aux ouvrages de Cl. Bernard, Bert, Colin, Küss, Mandl, Marey, Ch. Robin, Wundt, etc.

Pour toutes les notions anatomiques que nécessite la lecture d'un traité de physiologie, je renverrai le lecteur aux *Nouveaux Éléments d'anatomie humaine et d'embryologie*, par Beaunis et Bouchard; 2<sup>e</sup> édition, 1873.

Septembre 1875.

BEAUNIS.

## CHAPITRE PRÉLIMINAIRE

### LE LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE

Les laboratoires sont pour le physiologiste ce que les salles d'hôpital sont pour le médecin. Le laboratoire, dit Cl. Bernard, est la condition *sine quâ non* de développement de la médecine expérimentale; et c'est là, ajouterai-je, que *se préparent* les progrès de la médecine pratique. L'utilité des laboratoires n'a cependant été comprise que dans ces derniers temps, et tandis qu'en Allemagne il n'était pas d'Université, quelque petite qu'elle fût, qui n'eût son Institut physiologique, en France, les Facultés de médecine en étaient dépourvues. Aujourd'hui, il n'en est plus tout à fait de même, mais il y a encore bien des *desiderata* à combler, bien des progrès à faire (<sup>1</sup>). Aussi je crois utile, avant d'aborder l'étude de la physiologie, de dire en quelques mots ce que doit être un laboratoire de physiologie.

#### 1° *Du local.*

Un laboratoire de physiologie devrait être, autant que possible, au rez-de-chaussée, au milieu d'une cour ou d'un jardin, dans lesquels sont conservés les animaux nécessaires à l'expérimentation, de façon à les avoir toujours sous les yeux et à portée.

Le laboratoire même doit être composé de plusieurs salles correspondant aux diverses catégories d'opérations que le physiologiste est dans le cas de pratiquer; on y trouvera donc :

1° Une salle de vivisections et de dissection; elle doit être spacieuse, haute, aérée, très-éclairée, dallée en pierre; en un mot

---

(<sup>1</sup>) Pour ne citer qu'un exemple, il n'y a même pas de fonds spéciaux alloués pour les laboratoires de physiologie normale et de physiologie pathologique de la Faculté de médecine de Nancy. Il n'y en a que pour le laboratoire de chimie physiologique.

construite à peu près sur le modèle des amphithéâtres d'anatomie; cette salle doit représenter la partie centrale du laboratoire, la pièce dans laquelle toutes les autres s'ouvrent.

2° Une salle plus petite pour la micrographie, les expériences délicates, les appareils de précision (balances, appareils d'électricité, etc.);

3° Une salle servant de laboratoire de chimie et possédant l'installation nécessaire pour tout ce qui concerne la chimie physiologique;

4° Une petite pièce, pouvant être transformée facilement en chambre obscure, pour certaines expériences de physique physiologique et spécialement d'optique;

5° Enfin, s'il est possible, on réservera avec avantage deux pièces servant d'ateliers de moulage et de photographie.

L'installation du laboratoire, en dehors de l'outillage qui sera vu plus loin, comprend deux choses principales, le gaz et l'eau. Cette installation peut se résumer en quelques mots : du gaz et de l'eau partout, de façon à pouvoir conduire où l'on veut, à l'aide de tubes de caoutchouc, le gaz et l'eau dans un point quelconque du laboratoire. Si la pression de l'eau est suffisante, on peut, à l'aide d'une trompe de laboratoire, faire marcher un petit moteur hydraulique et on a ainsi une force motrice qu'on a bien souvent lieu d'utiliser, par exemple pour pratiquer la respiration artificielle. Si la pression d'eau est insuffisante, il faut avoir recours à une petite machine à vapeur.

L'espace intérieur réservé aux animaux doit être dallé, en partie couvert et divisé en circonscriptions distinctes suivant la nature des animaux, auxquels, autant que possible, on doit, en outre de l'abri qui les loge, laisser un peu d'espace et une certaine liberté. La grandeur et la forme des niches et des cages seront appropriées à l'espèce d'animaux qu'elles doivent renfermer (chiens, chats, lapins, cobayes, poules, etc.). Des niches distinctes, séparées des autres, permettront d'isoler complètement les animaux après l'opération. Quelques-unes des niches et des cages auront un fond à jour qui permettra de recueillir les urines (*voir page 454*). Les cages pour les petits animaux (rats, souris, oiseaux, etc.), seront placées dans le laboratoire même, dans la salle des vivisections. Un bassin, avec des plantes aquatiques, recevra les grenouilles, les poissons, les animaux aquatiques dont on peut avoir besoin, et alimentera les divers aquariums du laboratoire.



bouche de l'animal dont la tête est saisie par les deux mors; l'appareil est fixé à la planchette sur laquelle est attaché l'animal, auquel tout mouvement devient impossible.

Il faut toujours se rappeler que la simple contention mécanique de l'animal réagit toujours sur sa circulation et sur sa respiration, et il est prudent d'attendre que l'état normal soit revenu avant de commencer l'opération. Cette précaution est surtout nécessaire quand il s'agit d'étudier le pouls, la pression sanguine, la respiration, la température, etc. Ainsi l'immobilisation d'un animal fait baisser sa température.

b. *Anesthésie*. — Voir pour l'action et le mode d'emploi des divers anesthésiques, le chapitre : *Toxicologie physiologique; anesthésiques*, page 1073.

c. *Immobilisation par le curare*. — Le curare ayant la propriété de paralyser les nerfs moteurs en laissant intacts les mouvements du cœur et la plupart des fonctions, Cl. Bernard en a profité pour s'en servir comme de moyen contentif. Chez les animaux à sang froid, comme la grenouille, le procédé est très-commode et peut être employé facilement. Chez les animaux à sang chaud, la paralysie des nerfs des muscles inspireurs arrête bientôt la respiration et par suite les mouvements du cœur. Il faut donc chez eux pratiquer en même temps la respiration artificielle. Pour cela, on introduit dans la trachée une canule à laquelle s'adapte un soufflet avec lequel on souffle de l'air dans les poumons en imitant autant que possible le rythme et l'ampleur des mouvements respiratoires de l'animal: l'air expiré s'échappe par une ouverture latérale de la canule. Gréhaut a imaginé un appareil dans lequel le soufflet est mù par un excentrique, qu'on peut raccourcir ou allonger à volonté, et qui se rattache lui-même à une roue mise en mouvement par une courroie de transmission d'un moteur quelconque. Avec cet appareil, on peut très-facilement entretenir la respiration artificielle pendant plusieurs heures.

3° *Opération*. — Le mode opératoire varie évidemment suivant l'opération elle-même, il n'y a là qu'à suivre les règles ordinaires de la médecine opératoire; le physiologiste doit être en effet doublé d'un chirurgien, et il doit connaître à fond toutes les ressources de la chirurgie pour pouvoir les employer au besoin. Aussi n'y a-t-il pas lieu de tracer ici des règles spéciales pour les vivisections; seulement le but du physiologiste étant tout autre que celui du chirurgien, la marche à suivre est un peu diffé-





## **XII LE LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE.**

complète, c'est-à-dire que le physiologiste doit s'aider de toutes les ressources du microscope et de l'analyse chimique.

L'autopsie une fois faite, un autre devoir s'impose, celui de conserver tout ce qui peut présenter un intérêt physiologique ou anatomique; chaque laboratoire de physiologie doit, au bout de quelques années, posséder un véritable musée de physiologie pathologique, et au bout de quelque temps, la réunion de toutes ces pièces, dont le numéro d'ordre renvoie à l'histoire détaillée de l'observation, constituera un ensemble précieux de documents.

### ***3° Micrographie.***

Le microscope doit être à demeure sur la table du physiologiste. Même en mettant à part les recherches de physiologie élémentaire et histologique qui en demandent l'emploi continu, il n'y a pas de recherche physiologique, quelle qu'elle soit, qui ne puisse exiger, à un moment donné, l'intervention du microscope. Naturellement l'outillage micrographique devra être très-complet et tenu toujours au courant des progrès modernes, mais ce n'est pas ici le lieu de développer ce sujet, pour lequel je renvoie aux traités spéciaux.

### ***4° Chimie physiologique.***

Les mêmes réflexions peuvent s'appliquer à la chimie physiologique qui a pris tant d'extension dans ces dernières années; sans vouloir exiger du physiologiste une universalité qu'aucun homme ne peut atteindre, il faut cependant que son laboratoire soit outillé pour qu'il puisse y faire toutes les recherches possibles de chimie physiologique. Là encore, c'est aux ouvrages spéciaux que je renverrai le lecteur. Outre les réactifs et les produits usuels, tout laboratoire de physiologie doit posséder une collection de produits de chimie physiologique et de toxicologie.

### ***5° Appareils et instruments.***

Outre les appareils et les instruments spéciaux pour les vivisections, la micrographie et la chimie physiologique, le labora-

toire de physiologie doit posséder un certain nombre d'appareils et d'instruments fondamentaux. Je vais les passer brièvement en revue.

A. INSTRUMENTS DE MESURE. — 1° *Mesure de la température.* — *Thermomètres.* — Les thermomètres usités en physiologie sont de plusieurs espèces. Les uns ne servent qu'à donner la température des milieux ambiants, air, eau, etc., et ne présentent rien de particulier. Les autres sont destinés à prendre la température des animaux (aisselle, rectum, bouche, intérieur des cavités et des organes, etc.) et sont par conséquent analogues aux thermomètres à échelle fractionnée, usités en médecine; mais ils doivent être encore plus précis et plus sensibles. Du reste, les règles d'application sont les mêmes que dans l'emploi des thermomètres médicaux, mais elles doivent être observées avec bien plus de rigueur encore. Tous les laboratoires doivent posséder aussi un thermomètre étalon, vérifié, et dont on doit être sûr, avec lequel on puisse de temps en temps comparer les thermomètres ordinaires. Pour l'emploi des aiguilles thermo-électriques, voir page 703.

2° *Mesure de la pression atmosphérique.* — *Baromètre de Fortin.*

3° *Mesure du temps.* — *Métronome.* — *Horloge chronométrique.* — *Diapasons.*

4° *Mesure des poids.* — *Balance de précision.* — *Trébuchet.* — *Balances Roberval* (pour peser les lapins, les chats, les cobais, etc. — *Bascule* (pour peser les chiens).

5° *Mesure des densités.* — *Densimètres.* — *Alcoolomètres.* — *Pèse-urines*, etc.

6° *Mesure des longueurs.* — *Cathétomètre.* — *Compas d'épaisseur.* — *Pied à coulisse avec vernier*, etc.

B. APPAREILS ENREGISTREURS. — 1° *Représentation graphique des phénomènes physiologiques.* — Les phénomènes physiologiques peuvent toujours être représentés graphiquement. Supposons, par exemple, qu'on veuille représenter ainsi la température d'un animal pendant une journée; on prend un papier quadrillé offrant une série de lignes verticales, parallèles et équidistantes (*ordonnées*), coupées par une série de lignes horizontales, parallèles (*abscisses*). On choisit, au bas de la feuille, une ligne, *ligne des abscisses*, sur laquelle on marque successivement, en allant de gauche à droite, les heures de la journée; chacune des heures,

de 1 à 24, correspond à la base d'une ordonnée. L'ordonnée qui correspond au zéro mesure la ligne des ordonnées: on y marque les heures du thermomètre en allant de bas en haut, de façon que chaque degré corresponde à l'espace où les lignes horizontales se rencontrent les ordonnées. On inscrit alors, pour chaque heure de la journée, le degré de température obtenu en plaçant le chiffre à l'intersection de l'abscisse et de l'ordonnée correspondante. Si on relie les points ainsi obtenus par des lignes, on a une courbe continue qui représente graphiquement la marche de la température dans les 24 heures. En général, les temps et les durées s'inscrivent sur la ligne des abscisses, les intensités sur la ligne des ordonnées. Mais tout phénomène ou toute série de phénomènes peut toujours se représenter de la même façon. C'est ainsi qu'on a dressé les courbes de la population d'un pays d'année en année, de la mortalité suivant les âges, etc., etc.

Avec ces graphiques, on peut avoir facilement les *moyennes* par un procédé mécanique, celui de Volkmann. Le papier sur lequel est inscrit le graphique doit être d'une épaisseur très-égale et très-uniforme de texture. On découpe le papier en suivant la courbe du graphique, la ligne des abscisses et les deux ordonnées extrêmes: le poids donne le poids total du graphique, et s'il s'agit, par exemple, d'une courbe de température, le poids correspond à la totalité des degrés observés: ce poids total divisé par le nombre de jours, donnera le poids moyen ou autrement dit la température moyenne par jour.

2° *Enregistrement graphique direct des phénomènes physiologiques.* — Une grande partie des phénomènes physiologiques ne sont autre chose que des phénomènes de mouvement mécanique qui peuvent toujours, par conséquent, se transmettre à un levier, soit immédiatement, soit, s'ils sont trop faibles, après avoir été amplifiés. Si on place à l'extrémité oscillante de ce levier un pinceau et qu'on mette ce pinceau en contact avec une feuille de papier, les oscillations du levier s'inscriront sur cette feuille et y traceront le graphique du mouvement. Si la feuille est immobile, les graphiques se superposeront, et si le mouvement se fait dans le sens vertical, le pinceau tracera une simple ligne droite verticale; mais si la feuille se déplace d'un centimètre, par exemple, par seconde, les mouvements du levier donneront non plus une ligne verticale, mais une ligne courbe et on aura un



sente plus de difficultés; cependant ces difficultés ont été surmontées et on enregistre des mouvements aussi imperceptibles que ceux du pouls et aussi étendus que ceux de la course.

b. *Transmission du mouvement.* — La transmission du mouvement jusqu'au levier écrivant peut se faire de plusieurs façons et, dans un appareil donné, il pourra y avoir successivement plusieurs modes de transmission.

Cette transmission peut se faire *par l'air*, comme dans les sonnettes à air. C'est ce qui se fait, par exemple, dans un des appareils les plus utiles en physiologie, le *tambour du polygraphe* de Marey (fig. II). Il consiste en une petite capsule métallique sur l'ouverture de laquelle se trouve tendue une membrane de caoutchouc qui la ferme complètement. Sur la membrane de caoutchouc est collée une petite plaque d'aluminium rattachée par une petite fourchette à un levier écrivant, de façon que tous les mouvements de soulèvement et d'abaissement de la membrane se traduisent par des ascensions et des descentes correspondantes du levier agissant comme un levier du troisième genre. L'intérieur du tambour contient de l'air et communique avec l'extérieur par un tube sur lequel on peut adapter un tube de caoutchouc. Toutes les fois que l'air du tambour subit une augmentation de pression, la membrane de caoutchouc s'élève, et avec elle le levier écrivant; c'est l'inverse quand la pression diminue. Ainsi, si on met en rapport cet appareil avec la trachée d'un animal, ou chez l'homme avec une narine (voir page 131), les variations de pression de l'air des voies aériennes réagissent sur la membrane du tambour et le levier baisse dans l'inspiration et monte dans l'expiration (voir, pages 134 et 135, les graphiques recueillis par ce procédé). Si on met l'air du tambour en rapport avec la branche libre d'un manomètre, d'un manomètre à mercure, par exemple, les

Fig. II. — Tambour du polygraphe de Marey.







c. *Enregistrement du mouvement.* Cet enregistrement exige un appareil écrivant et un appareil de réception. L'*appareil écrivant* consiste tantôt en une pointe, une plume, un pinceau, un ressort mince, effilé, etc., qu'on trempe dans l'encre ou dans une matière colorante et qui trace le graphique sur un papier blanc, tantôt en une pointe sèche qui trace des traits blancs sur un papier enfumé. L'essentiel est que le frottement ne soit pas trop considérable entre le papier et la pointe écrivante. L'*appareil de réception* est toujours constitué par une surface animée d'une certaine vitesse. On a donné différentes formes à ces appareils. Ainsi on a employé des disques tournants comparables au disque rotatif de Newton, des plaques supportées par un pendule oscillant, des plaques mues par un mouvement d'horlogerie, comme dans le sphygmographe de Marey, ou des bandes de papier sans fin se déroulant comme dans les télégraphes de Morse ; c'est ce système qui est employé dans le *polygraphe de Marey*. Un mouvement d'horlogerie fait tourner un cylindre vertical devant lequel passe en le contournant une bande de papier glacé. Cette bande est pressée contre le cylindre au moyen de deux galets d'ivoire qui sont entraînés par la rotation du cylindre ; la feuille de papier est alors conduite comme dans un laminoir et se dévide indéfiniment d'une grosse bobine sur laquelle elle était enroulée (voir : Marey, *Du Mouvement dans les fonctions de la vie*, page 150). Mais le plus usité des appareils de réception est le cylindre enregistreur (*fig. III*). Il se compose d'un cylindre dont la rotation est déterminée par un mécanisme d'horlogerie. Ce cylindre peut acquérir, en le plaçant sur des axes différents, des vitesses variables, et en général, dans les appareils perfectionnés, on peut avoir ainsi trois vitesses différentes (cent tours par minute, un tour en dix secondes, un tour en une seconde et demie). Mais ces vitesses sont rendues uniformes et régulières, grâce à l'adjonction à l'appareil d'un régulateur de Foucault qui est représenté dans la figure. Le cylindre peut du reste être placé dans la position verticale ou dans la position horizontale. On fixe sur le cylindre une feuille de papier blanc enfumé sur laquelle s'écrivent les graphiques. Marey a disposé les appareils de façon à pouvoir recueillir sur la même feuille un grand nombre de graphiques ; ainsi la figure IV représente plusieurs courbes de la contraction musculaire disposées les unes à côté des autres ou en *imbrication latérale*. Il suffit





complète et plus rigoureuse un grand nombre de phénomènes dont la connaissance était restée très-imparfaite.

C. ÉTUVES ET RÉGULATEURS. — Les étuves sont nécessaires, non-seulement pour beaucoup d'opérations de chimie pure, mais encore pour une foule d'expériences physiologiques et en particulier pour les digestions artificielles, les incubations artificielles, l'action de températures variées sur les animaux, etc. : il importe surtout de pouvoir régler à volonté la température d'une étuve et de pouvoir y maintenir une température constante. On y arrive facilement à l'aide de *régulateurs*. La figure V représente une étuve avec son régulateur. Quand la température de l'eau de l'étuve s'élève, l'air contenu en *a* se dilate et le niveau du mercure monte, atteint l'orifice du tube métallique (*fig. VI, o*) et rétrécit cet orifice de façon que le débit de gaz devient moins considérable et que par suite la température s'abaisse; il est facile de régler ce régulateur de façon à avoir toujours une température déterminée. La figure VII représente une autre espèce de régulateur, le régulateur Schloesing. Dans celui-ci, le débit du gaz est réglé par une lamelle qui vient s'appliquer plus ou moins sur l'orifice du tube E, suivant qu'elle est repoussée plus ou moins par une membrane qui obture un tube situé vis-à-vis le précédent et rempli de mercure; ici c'est la dilatation même du mercure qui règle le débit du gaz.

D. APPAREILS D'ÉLECTRICITÉ. — Ces appareils comprennent :

1° Des appareils pour produire les courants continus, c'est-à-dire les différentes espèces de piles : piles de Daniell (zinc et cuivre), de Grove (zinc et platine), de Bunsen (zinc et charbon), au bichromate, etc. La pile de Daniell est celle qui offre la plus grande constance de la force électro-motrice. Pour les expé-

riences peu précises, on peut employer de petites pinces ana-

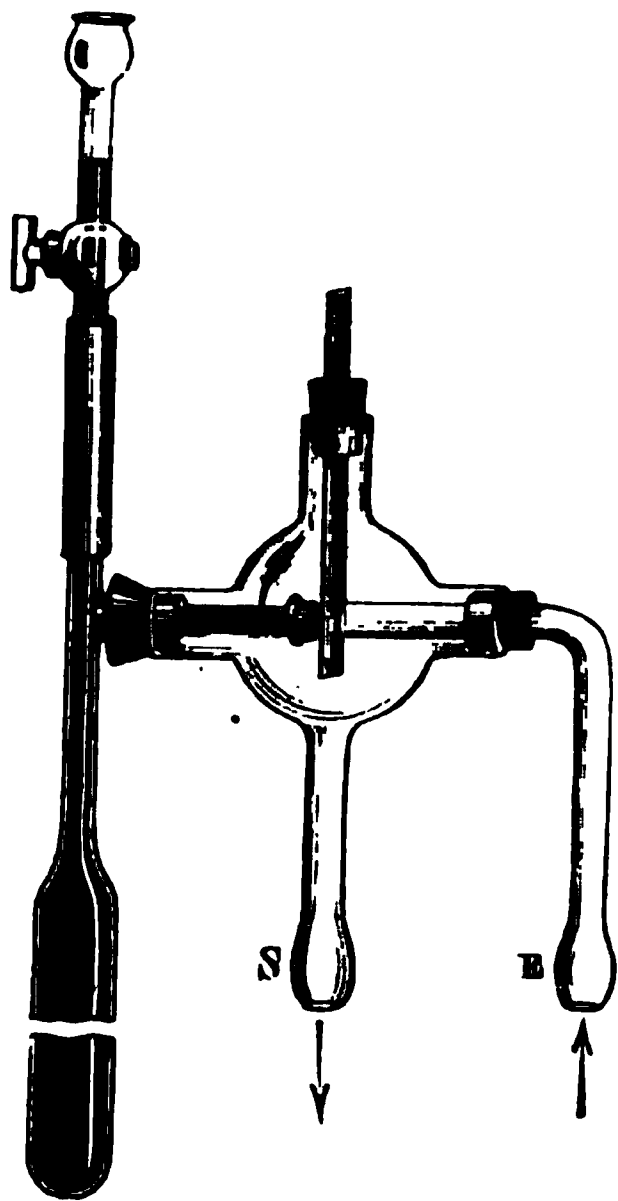


Fig. VII. — Régulateur de Schlösing.

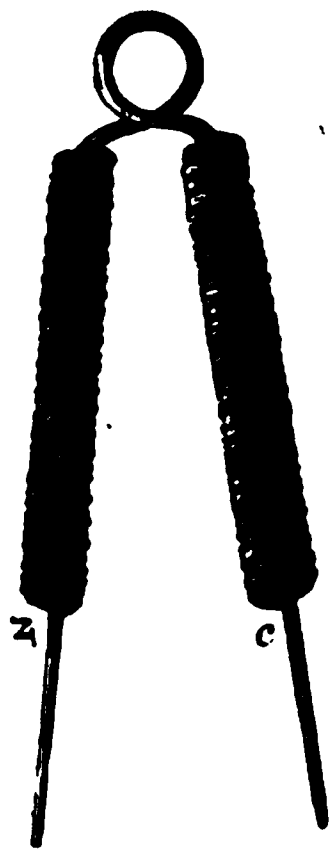


Fig. VIII. — Pinces de Pulvermacher.

logues aux chaînes galvaniques de Pulvermacher (voir *fig. VIII*), ou de petites pinces contenant une pile portative au chlorure d'argent

2° Des appareils pour produire les courants induits, le meilleur est certainement l'appareil à chariot de Du Bois Reymond (*fig. IX*), où l'interruption du courant se fait par le même mécanisme que dans l'interrupteur de Wagner. Le courant arrive par la colonne A, passe en *a* dans le ressort du trembleur de l'interrupteur, et quand ce ressort touche la vis *v*, va par cette vis dans la bobine primaire B ; quand il a parcouru toute la bobine, il passe dans le petit électro-aimant en fer à cheval D, et de là sort par la borne A'. Dès que le circuit est fermé et que le courant inducteur s'établit, l'électro-aimant D attire la pièce de fer doux E ; le trembleur s'écarte de la vis *v* et le courant est interrompu ; dès que le courant s'arrête, l'électro-aimant D n'agit





compte : si le ressort *s* appuie sur le cuivre, le courant entre par *d*, va dans la lame de cuivre *a*, de là dans le ressort *s* et dans la borne *e*, parcourt le circuit dans le sens de la flèche, revient à la borne *e'*, va dans le ressort correspondant dans la lame *c* et sort par *m'*. Pour changer le sens du courant, on fait tourner le cylindre de 180°, de façon que la lame *c* vienne toucher le ressort *x*.

5° Des appareils pour graduer l'intensité des courants constants, *rheostats*, et pour la description desquels je renvoie aux traités de physique.

6° Des *électrodes* dont la forme et la disposition varient suivant le but qu'on veut obtenir. Pour éviter la polarisation, on se sert habituellement d'électrodes dits *impolarisables* : ils sont constitués essentiellement par des lames de zinc amalgamé plongeant dans une solution de sulfate de zinc. On peut leur donner diverses formes : on peut placer la solution où plonge le zinc amalgamé dans un tube de verre fermé à sa partie inférieure par un bouchon d'argile plastique ; on place, comme dans la figure 172, page 724, les parties dans lesquelles doit passer le courant sur des coussinets de papier à filtrer plongeant dans une solution de sulfate de zinc. Donders a figuré et décrit, dans les *Archives de Pflüger*, t. V, page 3, une forme très-commode d'électrodes impolarisables. Les deux électrodes doivent être réunis (en maintenant naturellement leur isolement) et doivent jouir d'une certaine mobilité de façon qu'on puisse leur donner la position qu'on désire : cette mobilité s'acquiert soit en les reliant à leur support par une articulation dite *genou à coquille*, soit, comme le fait Marey, en les rattachant à un tube de plomb qui, grâce à sa flexibilité et à son peu d'élasticité, prend et garde toutes les positions qu'on lui donne.

7° Un *galvanomètre* ordinaire et un *galvanomètre à miroir* avec sa lunette. Je renvoie pour leur description aux traités de physique.

8° Un *interrupteur électrique* de Marey pour obtenir les secousses en imbrication latérale et oblique. (Voir Marey : *Du Mouvement dans les fonctions de la vie*, p. 321.)

9° Des *aiguilles thermo-électriques* de forme et de disposition variables (voir page 703), etc.

Les autres appareils spéciaux sont décrits et la plupart figurés





## XXVIII LE LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE.

raison de même dans celle de Paris. Là, en effet, l'immense majorité des étudiants ne sait pas ce que c'est qu'un laboratoire de physiologie, et dans les écoles secondaires il en est de même, vu l'absence complète de laboratoire. On ne peut nier cependant que la physiologie ne soit aussi nécessaire au médecin que l'anatomie et la chimie; on ne comprendrait pas l'étude de l'anatomie et de la chimie sans travaux pratiques, et n'en est-il pas de même pour la physiologie? Il m'a semblé qu'il y avait quelque chose à faire dans cet ordre d'idées, et que dans l'impossibilité de trouver accès dans des laboratoires qui sont insuffisants ou n'existent pas, chaque étudiant pourrait avoir chez lui et à peu de frais *son laboratoire de physiologie*.

Ce laboratoire pourrait comprendre :

1° Les réactifs et les substances les plus nécessaires, eau distillée, acides azotique, sulfurique, chlorhydrique, acétique, sulfhydrique, de l'ammoniaque, de la soude, de la baryte, du chlorhydrate d'ammoniaque, de la teinture d'iode étendue, de l'iodure de potassium, de l'alcool, de l'éther, du chloroforme, du chloral, la liqueur de Barreswill, le réactif de Millon, du papier de tournesol.

2° Les appareils de chimie indispensables, une lampe à alcool avec un support, une douzaine de verres à pied, deux douzaines de tubes à essais, quelques petits ballons, quelques entonnoirs, des agitateurs, quelques tubes de verre de diamètre différent, une fiole à jet, une éprouvette graduée, quelques verres de montre, trois ou quatre capsules en porcelaine de grandeur différente, quelques soucoupes en porcelaine, du papier à filtrer, des bouchons en liège et un perce-bouchons, des tubes en caoutchouc de diverses grandeurs, etc.; deux grands bocalx servant d'aquarium pour les grenouilles, quelques vases et bocalx pour les préparations, un pèse-urine, un bain de sable, etc.

3° Des instruments, instruments ordinaires de dissection, pinces, scalpels fins, ciseaux, etc.; des planchettes de liège pour fixer les grenouilles, un thermomètre ordinaire et un petit thermomètre médical à échelle fractionnée, une seringue à injection sous-cutanée ou simplement une petite seringue en verre à bout effilé; la pointe s'introduit par une piqûre faite à la peau de la grenouille avec les ciseaux; — un sablier marquant la demi-minute; une balance-trébuchet; — une pince de Pulvermacher; — une petite pile au bichromate; — un compas; — un diapason avec une pointe écrivante.



Il serait à désirer qu'un constructeur intelligent prit l'initiative de fabriquer ainsi et de réunir dans une caisse portative et peu volumineuse tous les appareils indiqués ci-dessus; on aurait ainsi le *laboratoire de l'étudiant*.

APPENDICE. — *Anatomie de la grenouille*. — C'est en vue du paragraphe précédent que je donne les six figures suivantes destinées à guider l'étudiant dans la connaissance de la constitution anatomique de la grenouille. Les deux premières figures, qui représentent le squelette de la grenouille, n'ont pas besoin de légende explicative; l'étudiant retrouvera facilement dans l'ostéologie de l'homme les noms des divers os du squelette; les deux figures suivantes représentent l'appareil musculaire; la cinquième, empruntée à Cl. Bernard, figure le système circulatoire, la dernière représente, d'après Ecker, l'ensemble du système nerveux.

**Bibliographie.** — CL. BERNARD : *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1865, et : *Leçons sur les anesthésiques et l'asphyxie*, 1875. — MAREY : *Du Mouvement dans les fonctions de la vie*, 1864. — ECKER : *Die Anatomie des Frosches*, 1861. — KRAUSE : *Anatomie des Kaninchens*, 1858. — BURTON-SANDERSON : *Handbook for the physiological laboratory*, 1873. Voir aussi les traités de micrographie, de physique et de chimie médicale.

---

Fig. XII. — Squelette de grenouille; face dorsale.

LEVY-R.



**FIGURE XIII.**

**Squelette de grenouille ; face antérieure.**

1118 34

Fig. Xlii. — Squelette de grenouille, face antérieure.

#### EXPLICATION DE LA FIGURE XIV.

1, droit supérieur. — 2, temporal. — 3, releveur du bulbe oculaire. — 4, sous-épineux. — 5, trapèze (angulaire de Cuvier). — 6, déprimeur de la mâchoire inférieure. — 7, deltoïde. — 8, triceps. — 9, extenseur de l'avant-bras. — 10, extenseur commun des doigts. — 11, huméro-radial. — 12, grand dorsal. — 13, grand oblique. — 14, long du dos. — 15, petit oblique. — 16, sacro-coccygien. — 17, iléo-coccygien. — 18, faisceau cutané. — 19, grand fessier. — 20, triceps. — 21, biceps. — 22, demi-membraneux. — 23, psoas et iliaque. — 24, biceps. — 25, demi-tendineux. — 26, gastro-cnémien. — 27, péronier. — 28, tibial antérieur. — 29, court extenseur de la jambe. — 30, tibial postérieur. — 31, fléchisseur antérieur du tarse. — 32, aponevrose plantaire. — 33, long extenseur du 5<sup>e</sup> doigt. — 34, long fléchisseur des doigts. — 35, long adducteur du 1<sup>er</sup> doigt. — 36, transverse plantaire.





#### EXPLICATION DE LA FIGURE XV.

1, mylo-hyoïdien. — 2, 3, 4, deltoïde. — 5, triceps. — 6, huméro-radial. — 7, fléchisseur radial du carpe. — 8, fléchisseur des doigts. — 9, sterno-radial. — 10, portion sternale du grand pectoral. — 11, portion abdominale du grand pectoral. — 12, grand oblique. — 13, coraco-huméral. — 14, grand droit de l'abdomen. — 15, grand oblique. — 16, vaste interne. — 17, grand adducteur. — 18, long adducteur. — 19, couturier. — 20, droit interne. — 21, court adducteur. — 22, pectiné. — 23, grand adducteur. — 24, demi-tendineux. — 25, extenseur de la jambe. — 26, tibial antérieur. — 27, gastro-cnémien. — 28, extenseur de la jambe. — 29, tibial postérieur. — 30, péronier. — 31, fléchisseur postérieur du tarse. — 32, long extenseur du 5<sup>e</sup> doigt. — 33, extenseur du tarse. — 34, long adducteur du 1<sup>er</sup> doigt.





### EXPLICATION DE LA FIGURE XVI.

a, veine allant de la veine cave au cœur en traversant le péricarde. — PP, poumons. — C, cœur. — FF, foie. — VP, veine porte. — bc, veines épiploïques. — R, reins. — VJ, veines de Jacobson. — F, veine crurale. — AI, artère iliaque et crurale. — VA, veines abdominales allant se rendre au foie. — VF, veine fémorale.



#### EXPLICATION DE LA FIGURE XVII.

1, nerf olfactif. — 2, nerf optique. — 3, moteur oculaire commun. — 4, pathétique. — 5, trijumeau et ganglion de Gasser. — 6, moteur oculaire externe. — 7, facial, formé par la réunion de l'anastomose du nerf tympanique avec le rameau communicant du pneumogastrique, 15. — 8, auditif. — 9, glosso-pharyngien naissant du pneumogastrique. — 10, pneumogastrique et son ganglion. — 11, branche ophthalmique du trijumeau. — 12, nerf palatin. — 13, nerf maxillaire supérieur. — 14, nerf maxillaire inférieur. — 15, rameau communicant du pneumogastrique anastomosé avec le trijumeau. — 16, nerf pour l'estomac et les intestins. — 17, branche cutanée du pneumogastrique. — 18, nerf crural. — 19, nerf ischiatique. — 20, premier ganglion du sympathique. — 21, dernier ganglion du sympathique. — 22, cordon du sympathique — I à X, nerfs rachidiens.

•





# NOUVEAUX ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE

---

## PREMIÈRE PARTIE

### PROLÉGOMÈNES

---

#### DE LA FORCE ET DU MOUVEMENT.

La physiologie est la science de la vie.

Qu'est-ce que la vie? Avant d'en essayer une définition, avant de tracer les caractères essentiels des corps vivants et de montrer en quoi ils diffèrent des corps bruts, il me paraît indispensable de résumer en quelques lignes les idées les plus généralement admises sur la constitution de la matière et des corps, et sur leurs manifestations. C'est de la physique pure; mais la physiologie est si étroitement liée aux sciences physico-chimiques que cette question est le préliminaire obligé d'un traité de physiologie. J'essayerai ensuite de préciser ce qu'il faut entendre par ce mot *force* si usité aujourd'hui et de montrer que la force n'est qu'un mode de mouvement, la physiologie une branche de la dynamique générale, et la vie elle-même une forme du mouvement universel.

Plusieurs hypothèses ont été faites sur la constitution de la matière. La plus plausible, celle qui répond le mieux à l'état de la science, est l'hypothèse atomique. On peut la résumer ainsi: la matière se compose en dernière analyse d'atomes, c'est-à-dire de particules indivisibles, impénétrables, distantes les unes des

autres et agissant à distance les unes sur les autres de façon à modifier leurs mouvements réciproques.

Ces atomes sont de deux espèces et l'on admet deux espèces de matière : 1<sup>o</sup> la *matière pondérable*, dont les atomes s'attirent en raison inverse du carré de la distance (loi de l'attraction universelle de Newton); 2<sup>o</sup> une *matière impondérable* ou *éther*, dont les atomes se repoussent suivant une loi encore inconnue. Si l'éther avec sa répulsion atomique n'existait pas, les atomes pondérables se trouveraient entraînés l'un vers l'autre par l'attraction, et le cosmos ne formerait plus qu'une masse cohérente où tout mouvement, autrement dit tout phénomène, serait impossible.

Quelques esprits ont cependant poussé plus loin cette synthèse physique. Ainsi Secchi, dans son livre : *De l'Unité des forces physiques*, cherche à expliquer tous les phénomènes matériels par l'éther et par les mouvements de ses atomes. Il n'y aurait plus dans ce cas qu'une seule espèce de matière, la matière impondérable ou éther dont les mouvements expliqueraient la chaleur, la lumière, la gravitation, l'électricité, etc.

D'après la théorie atomique les corps simples sont constitués de la façon suivante : chaque atome matériel est entouré par une atmosphère d'atomes d'éther de densité décroissante à mesure qu'on s'éloigne du centre; c'est à ce petit ensemble d'atomes que Redtenbacher a donné le nom de *dynamides*. Les corps composés sont formés par des agrégations de dynamides ou *molécules*, plus ou moins complexes suivant le nombre de dynamides qui entrent dans une molécule.

**Permanence de la matière.** — Une des lois les mieux établies de la physique moderne, et c'est à Lavoisier que revient la gloire de l'avoir le premier scientifiquement démontrée, c'est celle de la permanence de la matière. Rien ne se crée, rien ne se perd; la matière ne peut pas plus sortir de rien que rentrer dans le néant; quand elle semble disparaître, elle ne fait que se transformer, que changer d'état, que passer d'une combinaison à une autre. La chimie scientifique quantitative a été créée le jour où cette loi a été formulée, et la nier, c'est rejeter dans le vague la chimie et toutes les sciences qui en dépendent.

**Permanence de la force.** — L'idée de force est inséparable de l'idée de matière, et, comme on le verra plus loin, nous ne les connaissons toutes deux que par le mouvement. De même que nous avons vu la quantité de matière rester invariable, nous sommes



*de mouvement*. Mais si l'on considère non plus l'effet, mais la nature de la force, les divergences commencent. Autant de systèmes, autant d'idées différentes, contraires même, comprises toutes sous cette étiquette banale de *force*. Dans le langage ordinaire ces confusions ont peu d'importance ; mais dans le langage scientifique, il n'en est plus de même : si un même mot correspond à des idées différentes, la confusion s'introduit peu à peu dans la science, et du langage elle passe rapidement dans les idées ; la forme vicie le fond. L'histoire du mot *force* et des idées groupées sous ce mot est, sous ce rapport, une des plus instructives. Entre la force à laquelle les spiritualistes donnent le nom de Dieu et « la masse matérielle animée de mouvement » que le mathématicien appelle aussi une force, quelle distance n'y a-t-il pas ?

C'est Leibnitz qui, en créant la *dynamique*, introduisit dans la science l'idée de force ; mais, au lieu d'en faire simplement une *cause de mouvement*, il voulut aller au delà des faits et en fit quelque chose de plus. « La force, dit A. Jacques dans son *Introduction aux Œuvres de Leibnitz*, est donc essentiellement simple et une, identique et inaltérable, spirituelle, immatérielle. Partant elle est impérissable, parce que cela seul qui est composé peut périr naturellement par la dissolution qui est la seule mort naturelle. La force ne commence donc que par création et ne peut finir que par annihilation, c'est-à-dire par miracle. »

Cherchons donc ce qu'il y a au fond de cette idée de force, et pour cela commençons par les forces dites *physico-chimiques*.

Soit, par exemple, l'attraction de deux corps l'un pour l'autre. Dans ce phénomène, dit d'attraction, que trouvons-nous en l'analysant à fond ? Un mouvement et pas autre chose. Mais l'esprit humain ne s'est pas contenté de cette constatation pure et simple ; il a voulu l'étudier de plus près et, en analysant ce mouvement, il a trouvé trois choses : 1° un mouvement ; 2° un mobile ou corps mû ; 3° un moteur ou une cause de mouvement. Examinons de plus près ces trois choses :

1° *Un mouvement*. C'est là en réalité la seule chose appréciable et indiscutable ; c'est un fait de conscience ; nous ne connaissons le monde extérieur et nous-mêmes qu'à l'aide du mouvement, et cette idée de mouvement se réduit en dernière analyse à une succession de sensations, ex. : sensations musculaires, comme quand nous suivons de l'œil un oiseau qui vole ; sensations cutanées tactiles, comme quand un corps touche successivement des points différents de la peau, etc.

2° *Un mobile*. S'il y a mouvement, *quelque chose* se meut ; ce *quelque chose*, on l'appelle *corps, objet matériel* ; mais nous ne sommes déjà plus en présence d'un fait indiscutable comme tout à l'heure ; l'intelligence dépasse ici la limite des faits ; la preuve en est que ce quelque



ignorons ce qui l'a précédé et produit, ce qui en détermine les conditions, mais pourquoi faire intervenir derrière cette attraction une force attractive dont nous ne pouvons connaître en rien la nature et même l'existence. Si le mot : force attractive, ne signifie que la constatation d'un mouvement, il est inutile et superflu; s'il signifie quelque chose de plus, quelque chose de surajouté au mouvement, il est indémontré et indémontrable.

Cette idée de force n'est, en réalité, qu'une forme d'anthropomorphisme. Nous ne faisons plus du vent un Borée, de la mer Neptune, du soleil Apollon, mais, sans nous en douter peut-être, nous faisons, en adoptant des forces physiques, un raisonnement du même ordre quoique moins grossier et moins enfantin. Nous soulevons une pierre; nous faisons pour cela un certain mouvement; ce mouvement s'accompagne d'une sensation d'effort plus ou moins considérable suivant le poids de la pierre; en outre, ce mouvement est précédé d'un acte intellectuel, il est volontaire; il y a là un fait de conscience au delà duquel d'autres états de conscience, impressions, sensations, jouent bien le rôle de prédécesseurs, voire même de causes déterminantes; mais l'acte volontaire du mouvement reste pour nous la chose essentielle, car il s'accompagne d'un certain effort. Nous nous sentons la cause du mouvement, la *force* qui le produit. De là à l'idée de forces situées au dehors de nous et produisant tous les phénomènes qui nous entourent, il n'y avait qu'un pas et ce pas fut vite franchi.

« L'origine de la notion de force, dit A. Jacques dans son introduction, c'est la conscience claire, immédiate, directe, que j'ai de moi-même comme force; l'homme, le *moi*, est avant tout une force, une force libre, intelligente, éclairée, *vis sui conscia, sui potens, sui motrix*; il le sait quand il agit, il le savait avant l'action et ne cessera pas de le savoir quand à l'action aura succédé le repos. Dans cette conscience immédiate et permanente de la force personnelle, l'esprit humain puise l'idée de cause et il ne la puise que là; ailleurs, il ne voit que des phénomènes, des produits, des effets; *les causes et les forces dans le monde, il les suppose et les y fait à l'image et sur le modèle de la force qu'il est*, sauf à leur retirer, éclairé par la nature des effets, la liberté qu'il trouve en lui et l'intelligence qu'il s'attribue, pour ne leur laisser que le caractère de forces aveugles et fatales. »

En résumé, on voit que l'idée de force a sa source en nous-mêmes et que c'est par un vice de raisonnement et de langage que de la force que nous sentons en nous et sur laquelle nous reviendrons plus tard, nous concluons à des forces naturelles existant dans les corps bruts.

Les forces physico-chimiques ne sont pas autre chose que des modes de mouvement; la corrélation des forces physiques ne consiste pas en autre chose qu'en des transformations de mouvement.

Donc les trois choses que l'esprit humain trouve dans les phénomènes



force vitale? Dans cette hypothèse, on se heurte de tous côtés à l'impossibilité, au vague et à la contradiction.

Si de la force vitale végétative nous passons à la force vitale des animaux, nous rencontrons la même incertitude, et si nous laissons de côté les phénomènes de conscience que nous étudierons plus loin, nous retrouvons les mêmes objections et les mêmes difficultés que tout à l'heure. L'admission d'une force ou de forces vitales n'ajoute rien à nos connaissances; elle ne nous fait pas faire un pas de plus; nous ne faisons ainsi qu'ajouter l'inconnaissable à l'inconnu, l'inexplicable à l'inexpliqué.

Les phénomènes nerveux eux-mêmes ne sont, en réalité, que des phénomènes de mouvement. Lorsque vous pincez la patte d'une grenouille décapitée et que cette patte se contracte, quelle explication vient donner votre force vitale de cette succession de phénomènes?

Nous arrivons aux phénomènes de conscience, à ces forces auxquelles on a donné chez l'homme le nom d'*âme*, forces personnelles, individuelles, considérées en général comme absolument distinctes de la matière.

Ici nous marchons sur un terrain dangereux; l'équivoque règne en maîtresse et il importe pour la clarté de la discussion de bien préciser les termes du problème, ce qui n'est pas chose facile.

Tant qu'il s'agit de l'âme humaine, il n'y a pas la moindre difficulté et l'école spiritualiste présente la plus complète unanimité. L'âme est une substance réelle, immatérielle, immortelle, une intelligence servie par des organes, suivant l'expression de de Bonald. Je laisse de côté les questions sur lesquelles les philosophes gardent un silence prudent, telles que l'origine de l'âme, l'époque de son apparition, son siège, son rôle dans les phénomènes d'hérédité, son existence dans certains monstres doubles, etc., etc. Je ne m'occuperai ici que de ses facultés, telles qu'elles sont admises par la généralité des psychologues. Mais une grande partie de ces facultés existent aussi chez l'animal et il n'y a plus aujourd'hui un seul philosophe qui osât soutenir sérieusement l'automatisme des bêtes; il n'y aurait pas même lieu de chercher à le convaincre, car il ne voudrait pas être convaincu; pour qui a observé les animaux sans parti pris, l'animal perçoit, se souvient, compare, hésite, juge, se décide, en un mot il a de commun avec l'homme presque toutes, sinon toutes les opérations de l'esprit. On pourra, si l'on veut, lui refuser la généralisation, l'abstraction, mais qu'importe, s'il a une partie seulement, quelque minime qu'elle soit, des facultés qui, d'après l'école philosophique, sont l'apanage de l'esprit, d'un principe immatériel, d'une âme en un mot. Il ne peut y avoir de degré entre la matière et l'esprit. Ou la mémoire, le jugement, l'attention, sont des





le premier, non, et le phénomène paraît d'un tout autre ordre. Cependant analysons le phénomène de plus près et voyons jusqu'où on peut aller.

Jusqu'à présent il n'y a rien entre l'acte de volonté et le mouvement du bras. L'un semble précéder l'autre immédiatement. C'est ainsi, en effet, que la chose se passera pour un enfant ou un homme ignorant. Il sait qu'il a voulu un mouvement et que ce mouvement s'est produit; voilà tout. Mais qu'il mette par hasard l'autre main sur son bras au moment où ce bras exécute le mouvement, il sentira la chair durcir et se gonfler, et il en conclura que le mouvement du bras s'accompagne d'un changement dans les parties intérieures qui le composent, et s'il interroge une personne plus instruite il apprendra que, dans son bras, il y a des muscles dont la contraction a produit le mouvement du bras. Voilà donc, interposé entre la volonté et le mouvement du bras, un nouvel acte dont il n'avait pas conscience, une contraction musculaire qui comble *partiellement* la lacune existant entre le mouvement du bras et la volonté. Il se passe donc en nous, dans la sphère de la volonté, des mouvements, même très-grossiers, dont nous n'avons pas conscience à moins d'une observation particulière. Mais ce n'est pas tout : le physiologiste intervient, et par des expériences précises il reconnaît qu'un organe spécial, un nerf, se rend à ces muscles, et que ce nerf transmet aux muscles une excitation sans laquelle la contraction musculaire ne se ferait pas, et que cette transmission s'accompagne de certains phénomènes qui indiquent un mouvement moléculaire. Voilà donc encore un mouvement, dont nous n'avons pas conscience, à ajouter à la série des mouvements déjà mentionnés, et la lacune entre l'extension du bras et la volonté se rétrécit de plus en plus. Ce nerf, d'autre part, aboutit à un organe ou centre nerveux composé lui-même de plusieurs organes; mais, pour simplifier, admettons seulement un centre moteur; là se passe encore une modification, un mouvement moléculaire qui détermine la transmission dans le nerf. Nous avons donc, si nous reprenons toute la série, la succession suivante :

1° Projection de la pierre;

2° Mouvement du bras;

3° Contraction musculaire;

4° Transmission nerveuse motrice;

5° Modification du centre nerveux moteur; . . . . .

6° Volonté.

Si nous examinons quel est, par rapport à la conscience, le degré de *connaissable* de chacun de ces actes, nous avons le résultat suivant :

1° Projection de la pierre, mouvement connu immédiatement par l'observation la plus simple;

2° Mouvement du bras, connu immédiatement par les sensations qui l'accompagnent;

3° Mouvement musculaire, inconnu immédiatement, mais connu facilement par une observation grossière;

4° Transmission nerveuse; ne peut être connue qu'à l'aide d'une analyse physiologique délicate;

5° Modification du centre nerveux moteur; ne peut être connue que par une analyse plus délicate encore;

6° Volonté, connue immédiatement, mais pas connue comme mouvement.

Il y a là quelque chose de singulier; nous trouvons en nous-mêmes quelque chose qui ne se révèle pas à nous comme mouvement, mais comme cause de mouvement. Mais continuons notre analyse et reprenons la chose d'un autre côté.

Quelqu'un me lance une pierre; elle vient frapper ma figure; j'éprouve une vive douleur au point frappé; de colère j'en ramasse une, et je la lance à la figure de mon adversaire. Voyons brièvement quelle est la succession des phénomènes et leur degré de *connaissable* :

1° Choc de la pierre contre un point déterminé de la peau, connu immédiatement par la sensation de douleur qui l'accompagne;

2° Transmission nerveuse sensitive, mouvement moléculaire d'un nerf sensitif connu seulement par une analyse délicate;

3° Modification d'un centre nerveux sensitif connu seulement par une analyse plus délicate encore;

4° Sensation de douleur. . . . .	} Séries d'actes de conscience connus immédiatement, mais non connus comme mouvements.
5° Colère. . . . .	
6° Volonté. . . . .	

7° Modification du centre nerveux moteur, connue seulement par une analyse délicate;

8° Transmission nerveuse motrice, idem;

9° Mouvement musculaire, connu par une analyse grossière;

10° Extension du bras. . . . .	} Connus immédiatement.
11° Projection de la pierre. . . . .	

Donc, dans cette série de phénomènes, entre la modification du centre nerveux sensitif (3°) et celle du centre nerveux moteur (7°) se trouve interposée une série d'actes psychiques qui ne sont pas reconnus, même par une analyse délicate, comme des phénomènes de mouvement, mais qui sont reconnus comme appartenant au moi, à ce même moi qui sent et qui veut. Mais, d'un autre côté, je remarque que les phénomènes de transmission nerveuse, qui sont incontestablement des modes de mouvement matériel, ne sont pas connus par la conscience, et qu'il faut une analyse très-rigoureuse et très-difficile pour les constater. J'en conclus qu'il se passe en dedans de nous, dans les centres nerveux en particulier, des phénomènes de mouvement dont nous n'avons pas conscience et qui n'en existent pourtant pas moins, et que ces phénomènes de douleur, de colère et de volonté, pourraient bien être aussi du même ordre, et n'être autre chose que des mouvements.

En outre, si ces phénomènes psychiques ne sont pas un mouvement matériel, que devient le mouvement moléculaire dégagé dans le centre nerveux sensitif, et d'où vient le mouvement produit dans le centre nerveux moteur? D'après la loi de corrélation dite des forces physiques, le premier ne peut disparaître qu'en se transformant, et le second, ne pouvant être créé *ex nihilo*, ne peut être qu'une transformation d'un mouvement antérieur. N'y a-t-il donc pas lieu de supposer que ces phénomènes psychiques ne sont qu'un mode de mouvement (mode tout particulier si l'on veut) provenant de la transformation du mouvement moléculaire du centre sensitif et se transformant en mouvement moléculaire du centre moteur? Ce qui donne plus de poids à cette hypothèse, c'est que lorsque ces phénomènes sont portés à un degré très-puissant, exemple : la colère, on sent en soi quelque chose qu'on ne peut comparer qu'à un mouvement ; *la colère me monte à la tête*, dit-on quelquefois, et ce langage n'est peut-être pas si *figuré* qu'il en a l'air.

Enfin tous ces actes psychiques supposent des organes nerveux, organes dont l'activité n'est qu'un mode de mouvement. Quel besoin alors de surajouter à ces organes une force distincte et spéciale qui ne peut entrer en action sans eux? La liaison qui existe entre certains organes nerveux et des actes que nous ne reconnaissons comme phénomènes de mouvement que par une analyse très-délicate, ne nous autorise-t-elle pas à croire que la même liaison existe entre la volonté et certains centres nerveux, et qu'il n'y a là qu'un mouvement moléculaire dont nous n'avons pas conscience. Il est évident que la preuve absolue ne sera faite que le jour où la volonté, la mémoire, le jugement, etc., où tous les actes psychiques simples auront été scientifiquement rapportés à un centre nerveux et à un mouvement moléculaire, comme la transmission nerveuse est rapportée à un mouvement moléculaire d'un cordon nerveux; mais jusque-là n'y a-t-il pas au moins une très-forte présomption en faveur de cette hypothèse, et la science ne marche-t-elle pas de plus en plus dans cette voie?

Le reproche essentiel qu'on peut faire à l'hypothèse de la production matérielle de la pensée, c'est que certains faits ne sont pas encore prouvés, que beaucoup sont encore inexpliqués et inexplicables. C'est vrai; mais n'en est-il pas de même de l'hypothèse contraire? Et de plus, dans l'admission d'une force pensante, les difficultés, au lieu d'être résolues, augmentent.

Nous avons vu tout à l'heure que si l'on admet cette force, cette âme pensante chez l'homme, il faut l'admettre aussi chez l'animal. Mais où cela conduit-il? Ces forces, ces âmes animales, concevables à la rigueur pour les animaux les plus rapprochés de l'espèce humaine, que deviennent-elles chez les animaux inférieurs? Où fera-t-on finir l'automatisme et commencer la volonté? A quel degré s'arrêtera-t-on dans la série? Est-ce qu'un mollusque n'a pas des sensations, des mouvements volontaires, des souvenirs, des comparaisons? Que sera l'âme des polypes



dans les limites de ce livre. Qu'il me suffise de dire que, pour ma part, croyant à l'origine matérielle de la pensée, c'est à cet ensemble de qualités morales que je réserverais le nom d'*âme*, exclusivement attribuée alors à l'homme, sans méconnaître cependant les objections sérieuses auxquelles cette solution peut donner lieu, et qui seraient en grande partie les mêmes que celles énoncées précédemment, mais avec moins de force et d'autorité.

En résumé, nous nous trouvons en face de deux grandes doctrines opposées :

1° La doctrine *dualiste* qui admet l'existence simultanée de la matière et de la force, forces personnelles ou impersonnelles ;

2° La doctrine *uniciste*, ou mieux *unitaire*, qui n'admet qu'une seule chose : les uns des forces, les autres la matière ; les deux, en réalité, se réduisent, pour nous, au mouvement.

Entre le dualisme et l'unicisme, le choix ne nous paraît pas douteux en ce qui concerne les phénomènes physiques et vitaux : dans les deux cas, il n'y a que du mouvement. Le doute peut exister pour les phénomènes psychiques, mais ils nous paraissent être aussi réductibles au mouvement chez l'homme comme chez les animaux. Enfin, pour les phénomènes moraux, pour la cause première du mouvement, la science, jusqu'à nouvel ordre, ne peut que rester dans la réserve ; c'est une affaire de croyance : l'existence de l'âme morale, l'existence de Dieu, ne sont susceptibles ni de démonstration ni de réfutation rigoureuse.

Nous arrivons donc à cette conclusion que, dans les sciences physiques et physiologiques, l'admission de forces distinctes est inutile et ne fait qu'embarrasser le langage scientifique. *Tous les phénomènes que l'esprit humain peut comprendre sont des phénomènes de mouvement*, et la force ne peut être admise que pour les phénomènes qui dépassent les bornes de notre intelligence ; phénomènes de *moralité* dans le sens indiqué plus haut et cause première, quelle qu'elle soit, du mouvement ; mais tout ce qui dépasse notre intelligence, âme et Dieu, étant en dehors de la science, ne doit pas nous occuper ici. En restant dans les limites de la science, il n'y a que du mouvement.

Le mouvement, dans ses différentes manifestations, physiques, vitales et (pour nous du moins) psychiques, constitue le champ commun de toutes les sciences ; mais il doit aussi être étudié en lui-même et dans ses caractères essentiels, indépendamment de ses différents modes.

La première question qui se présente est celle du repos et du mouvement. Ce passage du repos au mouvement et du mouvement au repos est une des questions qui ont occupé longtemps les philosophes, et forme encore aujourd'hui une des pierres d'achoppement de la métaphysique moderne.

Voici comment l'expose Herbert Spencer :

« Nous voilà encore en face de la vieille énigme du mouvement et









La molécule organique, surtout dans les composés quaternaires, possède une très-grande complexité. Il n'y a, pour s'en rendre compte, qu'à jeter les yeux sur les formules des albuminoïdes.

Les corps vivants contiennent une très-forte proportion de *colloïdes*; colloïdes que Graham appelait *état dynamique de la matière*, et qui se laissent traverser par l'eau, l'oxygène et les cristalloïdes. Cet état colloïde n'est pas spécial, il est vrai, à la matière organique, puisqu'il se présente dans la silice et le peroxyde de fer, par exemple, mais il faut remarquer que ces deux corps entrent précisément dans la constitution de beaucoup d'organismes vivants.

La substance des corps vivants est *hétérogène*; qu'on prenne l'organisme le plus inférieur ou l'élément le plus petit d'un organisme, on le trouvera toujours constitué par l'assemblage d'eau, de colloïdes et de cristalloïdes, assemblage fait dans certaines proportions et avec un arrangement défini.

Les organismes vivants sont continuellement le siège d'une succession de décompositions et de recompositions (*tourbillon vital de Cuvier*). Ces décompositions et recompositions successives ont pour condition une rénovation incessante des molécules de l'organisme; une partie des molécules décomposées est remplacée par des molécules venant de l'extérieur; la matière brute devient matière vivante et la matière vivante devient matière brute; il y a un perpétuel échange entre l'organique et l'inorganique; c'est là ce qu'on a appelé la *circulation de la matière*. Le mode même par lequel ces molécules nouvelles pénètrent dans l'organisme fournit encore un caractère distinctif; tandis que, dans un cristal, par exemple, les molécules nouvelles ne font que s'appliquer sur la surface du cristal déjà formé, dans les corps vivants elles pénètrent dans l'intimité même de l'organisme, *entre* (et non pas *sur*) les molécules déjà existantes; c'est ce qu'on a exprimé en disant que les corps vivants s'accroissaient par *intussusception*, les corps bruts par *apposition*.

Ici se présente une question. Les quantités relatives de matière brute et de matière vivante sont-elles invariables? Ou bien la quantité de matière vivante augmente-t-elle indéfiniment aux dépens de la matière brute? Il est évident qu'à partir de la première apparition de la vie sur le globe, la quantité de la matière vivante s'est accrue graduellement; mais cet accroissement s'est-



restreintes dans le cours de son existence. Au début, cette forme-type est toujours ou presque toujours la forme sphérique; puis peu à peu le type propre à l'organisme se caractérise et se dessine dans le cours de son développement. Cette forme sphérique se retrouve non-seulement au début de la vie d'un organisme, mais aussi dans la plupart des éléments primitifs dont se compose cet organisme.

**Évolution des corps vivants.** — L'évolution des corps vivants est déterminée : ils ont un commencement, une existence, une fin : ils parcourent des phases définies qui se succèdent régulièrement et dans un certain ordre : un cristal, un composé chimique instable, pourraient peut-être, sous ce rapport, être comparés à un organisme vivant : mais ils s'en distinguent par l'absence d'usure et de réparation, par la fixité de leurs molécules pendant la durée de leur évolution.

Les êtres vivants ont une individualité propre ; ils constituent des individus indépendants ou des agrégations d'individus dont chaque membre jouit d'une certaine indépendance vis-à-vis du tout : mais ce caractère n'est pas absolu et disparaît presque dans certaines classes d'animaux et de plantes pour faire place à une solidarité intime.

Tous les organismes vivants naissent d'un germe ou d'un parent antérieur doué de vie, et comme corrélatif un de leurs caractères essentiels est l'aptitude à reproduire des êtres plus ou moins semblables au générateur, ou, pour exprimer la même pensée sous une forme plus générale, la possibilité, pour des parties détachées du tout, de vivre d'une existence indépendante. Ce n'est pas ici le lieu de discuter la question si controversée de la génération spontanée ; elle trouvera sa place dans un autre chapitre.

Les êtres vivants forment donc une série continue et on peut remonter ainsi d'être en être jusqu'à l'apparition de la vie sur la surface du globe. Une autre conséquence de cette propriété générale de reproduction, c'est que les produits possèdent des caractères (en plus ou moins grand nombre) semblables à ceux de leurs ascendants, soit *directs*, soit *dans la série* ; c'est là ce qui constitue l'hérédité. Ces caractères héréditaires apparaissent, les uns dès la naissance de l'organisme (caractères dits à tort *innés*, *innéité*), les autres pendant le cours de l'évolution de l'organisme (hérédité proprement dite).







n'aura qu'à se reporter aux caractères essentiels des êtres vivants, caractères qui ont été donnés plus haut, pour voir par quoi pèchent ces définitions.

ARISTOTE : La vie est l'ensemble des opérations de nutrition, de croissance et de destruction (ζωὴν δὲ λέγω, τὴν..... τροφήν καὶ αἰχμητικὰ καὶ φθίσιν).

LAMARCK : La vie, dans les parties d'un corps qui la possède, est cet état de choses qui y permet les mouvements organiques, et ces mouvements qui constituent la vie active résultent d'une cause stimulante qui les excite.

BICHAT : La vie est l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort.

RICHERAND : La vie est une collection de phénomènes qui se succèdent pendant un temps limité dans un corps organisé.

LORDAT : La vie est l'alliance temporaire du sens intime et de l'agrégal matériel, alliance cimentée par un *ενορμιον* ou cause de mouvement dont l'essence est inconnue. Cette définition ne s'applique qu'à l'homme.

BÉCLARD : La vie est l'organisation en action.

DUGÈS : La vie est l'activité spéciale des corps organisés.

TREVIRANUS : La vie est l'uniformité constante des phénomènes avec la diversité des influences extérieures.

P. BÉRARD : La vie est la manière d'exister des êtres organisés.

DE BLAINVILLE : La vie est le double mouvement interne de composition et de décomposition, à la fois général et continu.

CH. ROBIN : La vie est la manifestation des propriétés inhérentes et spéciales à la substance organisée seulement. Et ailleurs : On donne le nom d'*organisation* à cet état de dissolution et d'union complexe que présentent les matières demi-solides, quelquefois liquides ou solides, formées de principes immédiats d'ordres divers et provenant d'un être qui a eu ou a une existence séparée. (*Dictionnaire de médecine.*)

LITTRÉ : La vie est l'état d'activité de la substance organisée. (*Dictionnaire.*)

H. LEWES : La vie est une série de changements définis et successifs, à la fois de structure et de composition, qui se présentent chez un individu sans détruire son identité.

HERBERT SPENCER : La vie est la combinaison définie de changements hétérogènes, à la fois simultanés et successifs, en corrélation avec les coexistences et les successions extérieures (*in correspondence with external co-existences and sequences*), ou plus brièvement : la vie est l'adaptation continuelle des relations internes aux relations externes.

KUSS : La vie est tout ce que ne peuvent expliquer ni la physique ni la chimie.





## CARACTÈRES DISTINCTIFS DES VÉGÉTAUX ET DES ANIMAUX.

La vie se manifeste sous deux formes principales : la plante, l'animal. Cependant la limite entre les deux formes n'est pas si tranchée qu'on le croyait généralement, et lorsqu'on descend aux degrés inférieurs de la série, on rencontre des êtres dont les manifestations vitales laissent l'esprit dans l'indécision et rappellent aussi bien la plante que l'animal. Aussi beaucoup de naturalistes ont-ils admis un règne, non pas intermédiaire, mais inférieur, sorte de souche commune d'où, par une bifurcation, seraient nés les deux embranchements (*protozoaires*, *protistes* d'Hæckel). Mais, ces réserves faites, des différences notables n'en existent pas moins entre le règne végétal et le règne animal ; c'est ce que fait ressortir facilement une comparaison rapide des deux règnes.

La plante possède les mêmes éléments chimiques fondamentaux que l'animal : oxygène, hydrogène, carbone, azote ; seulement le carbone y domine. Elle est plus riche en substances non azotées (hydrocarbonés, amidon, cellulose). La proportion des sels minéraux varie aussi dans les deux règnes ; les alcalis sont en plus grande proportion dans les plantes, les phosphates chez l'animal. Mais ce qui caractérise chimiquement la plante, c'est la présence d'une matière colorante, la *chlorophylle*, principe qui joue un rôle essentiel dans la vie de la plante ; il n'y a pourtant pas là un caractère absolu ; car toute une classe de plantes, les champignons, est dépourvue de chlorophylle, et on en trouve chez certains animaux, tels sont l'hydre verte et l'*euglena viridis*.

La plante a plus de stabilité chimique que l'animal, et les mutations matérielles y sont moins actives. Ces mutations sont de deux ordres : assimilation d'une part, désassimilation de l'autre.

Par l'*assimilation*, l'organisme emploie et utilise pour sa propre substance les matériaux qui lui viennent du dehors. Pour la plante, ces matériaux qu'elle emprunte à l'air et au sol sont l'eau, l'acide carbonique et l'ammoniaque ; c'est avec ces matériaux qu'elle forme l'amidon, la graisse et l'albumine de ses tissus ; cette assimilation ne se fait que dans les parties vertes, à chlorophylle et sous l'influence de la lumière, et l'effet ultime est une réduction et une élimination d'oxygène. C'est ce processus qui a été appelé improprement *respiration végétale*. Chez l'ani-



par une véritable *circulation matérielle*. C'est cette action combinée de la plante et de l'animal qui maintient la constance de la quantité d'acide carbonique de l'air. La vie végétale et la vie animale sont fonctions l'une de l'autre.

La proportion relative de matière végétale et de matière animale reste-t-elle constante ? A l'origine, il n'en a pas été ainsi ; à l'époque où l'atmosphère terrestre était surchargée d'acide carbonique, la vie végétale était seule possible ; puis, quand la vie animale a fait son apparition, les deux quantités ont, la première décro, la deuxième augmenté, jusqu'à un moment où les deux quantités sont probablement devenues stationnaires, de façon à amener l'équilibre qui existe aujourd'hui, équilibre qui, du reste, peut être troublé à chaque instant et dont il est difficile d'affirmer le maintien.

Le dégagement de forces vives est beaucoup moins intense dans la plante que dans l'animal et ne se laisse constater chez la première qu'à certaines phases de son existence (chaleur dans la germination et dans la floraison) et dans certains cas spéciaux (mouvements de la sensitive, par exemple). Les plantes transforment plutôt des forces vives (chaleur et lumière solaire) en forces de tension, les animaux des forces de tension en forces vives.

L'organisation végétale est moins compliquée, la division du travail physiologique y est poussée moins loin que chez l'animal ; cependant, là encore il n'y a qu'une différence de degré, et l'organisation des animaux inférieurs ne dépasse guère celle de certaines plantes. La symétrie sphérique ou bilatérale existe aussi bien chez la plante que chez l'animal ; mais la forme générale de l'organisme emprunte chez la première aux conditions habituelles de son existence un caractère particulier. La plante est ordinairement fixée au sol et cette fixation lui imprime une forme qui se retrouve jusqu'à un certain point chez les animaux qui se trouvent dans les mêmes conditions (polypiers).

Chez l'animal, un facteur, sinon nouveau, du moins essentiel, le mouvement locomoteur apparaît, et ce mouvement détermine la distinction de l'organisme en partie antérieure et partie postérieure (avant et arrière), partie dorsale et partie ventrale, et donne à chacune de ces parties un caractère morphologique spécial en rapport avec leur mode de fonctionnement.

D'une manière générale, l'évolution de la plante est moins











pode dépourvu de pseudopodies. Bientôt une partie de ces cellules se différencie des autres; trois feuilletts se forment qui donneront naissance à tous les organes, et chacune des étapes parcourues par l'homme dans son développement rappelle un être inférieur.

L'analogie est encore plus frappante si, au lieu de comparer les divers stades de développement de l'homme aux animaux complètement développés, on les compare aux divers stades de développement des animaux; ce n'est même plus de l'analogie, c'est presque de l'identité.

**Bibliographie.** — THÉOD. DE SAUSSURE : *Recherches chimiques sur la végétation*, 1784. — GARREAU : *Annales des sciences natur.*, 1851. XV. — BOUSSINGAULT : *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1864. — J. SACHS : *Physiologie végétale*; trad. par MICHELLE, 1868. — CL. BERNARD : *les Phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux* (*Revue scientifique*, 1873). — CORENWINDER : *la véritable Respiration des végétaux* (*Revue scientifique*, 1874).

#### PLACE DE L'HOMME DANS LA NATURE.

Si l'on suit pour l'homme les principes qui guident les naturalistes dans leurs classifications, il ne peut y avoir de doute sur la place qu'il faut lui assigner dans la série animale. Anatomiquement et physiologiquement, l'homme appartient à l'ordre des *primates* (1) dont il constitue la première famille, et même les caractères sur lesquels on se base pour le séparer des singes anthropomorphes sont loin, au point de vue zoologique, de justifier cette séparation, car il y a certainement entre les anthropomorphes et les singes inférieurs des caractères différentiels plus importants que ceux qui existent entre les anthropomorphes et l'homme. Il suffira pour le prouver de passer rapidement en revue les caractères communs à ces deux groupes et les caractères qui les distinguent.

(1) L'ordre des *primates* est ainsi composé :

1<sup>re</sup> famille : *homme*.

2<sup>e</sup> famille : *singes anthropomorphes*; quatre genres : gorille, chimpanzé, orang, gibbon.

3<sup>e</sup> famille : *catarrhiniens* ou *singes de l'ancien continent*; genres : semnopithecus, colobe, cercopithèque, macaque, magot, cynocéphale.

4<sup>e</sup> famille : *platyrrhiniens* ou *singes du nouveau continent*; genres : tamarin, atèle, ériode, lagotriche, saïou, nyctipithèque, saki, saïmiri (callitriche), ouistiti.

5<sup>e</sup> famille : *lémuréens*; genres : maki, lori, indri, tarsier, galago, galéopithecus, semnocète.

**Caractères communs.** — Non-seulement l'organisation des races anthropomorphes est construite sur le plan général de l'organisation humaine, mais les ressemblances se continuent jusque dans les plus petits détails; aussi pour ne pas tomber dans une énumération inutile, je me contenterai de rappeler, parmi les caractères communs, ceux seulement dont sont dépourvus les singes inférieurs.

La colonne vertébrale du gorille et du chimpanzé possède le même nombre de vertèbres que celle de l'homme; on a admis, il est vrai, chez le gorille, treize vertèbres dorsales; mais, en réalité, la vertèbre comptée comme treizième dorsale est simplement la première lombaire dont l'apophyse costiforme s'est détachée de façon à former une côte surnuméraire, anomalie qui n'est pas très-rare chez l'homme. Le bassin, quoique plus étroit et plus allongé, a la forme générale du bassin humain, tandis que chez les autres singes, il se rapproche du bassin des quadrupèdes. La torsion de l'humérus est, comme chez l'homme, de 180 degrés, et l'olécrane est aplati d'avant en arrière, au lieu de l'être transversalement, comme chez tous les autres mammifères (Martins). La ressemblance se retrouve encore dans le squelette de la main et du pied, malgré le nom si mal justifié de *quadrumanes* donné aux singes par Buffon et Cuvier, et Huxley a prouvé, d'une façon irréfutable, qu'en réalité les singes sont, comme nous, bipèdes et bimanés.

Le cerveau de l'homme et des anthropomorphes présente les quatre caractères suivants qui n'existent que chez eux et font défaut chez tous les autres mammifères : 1° lobe olfactif rudimentaire; 2° lobe postérieur recouvrant complètement le cervelet; 3° existence d'une scissure de Sylvius bien dessinée; 4° présence d'une corne postérieure dans le ventricule latéral.

Le système musculaire, sauf une ou deux exceptions qui seront mentionnées plus loin, offre la même disposition dans les deux groupes, et ce qu'il y a de significatif, c'est qu'un muscle, le muscle acromio-basilaire, qui existe chez la plupart des singes non anthropomorphes, manque chez le gorille comme chez l'homme.

Les callosités des fesses manquent chez les anthropomorphes; les ongles ont la forme de l'ongle humain; les organes des sens ont la même structure.

Il en est de même des organes contenus dans les deux cavités



splanchniques: l'appendice vermiculaire, qui manque chez les autres singes, existe chez les anthropomorphes: le foie, nouveau trait de séparation, est construit sur le type humain, les poumons aussi, et le lobe azygos impair, qui existe chez les singes inférieurs, manque chez eux comme chez l'homme.

La station est bipède (fig. 2), et l'attitude du corps, légèrement oblique, se rapproche plus de la verticale que de l'horizontale, tandis que chez les autres singes l'attitude est franchement horizontale: les anthropomorphes sont des bipèdes imparfaits, mais ce sont des bipèdes. Dans la marche ils ne se servent de leurs membres antérieurs qu'accessoirement et pour se soutenir: ils n'appuient jamais sur la paume de la main, mais toujours sur la face dorsale des doigts légèrement fléchis, seul exemple dans les vertébrés: la face palmaire de la main, comme le dit Broca, ne devient jamais plantaire. Les mouvements des membres supérieurs sont analogues aux mouvements des bras de l'homme, et l'excursion de la supination, qui, chez les autres singes, n'est que d'un angle droit, est chez eux de 180 degrés.

La ressemblance des singes anthropomorphes avec l'homme est surtout marquée dans le jeune âge: un fœtus de singe ressemble à s'y méprendre, sauf la taille, à un fœtus humain. Après la naissance, non-seulement les jeunes chimpanzés et les jeunes orangs sont plus doux, plus caressants, plus intelligents, mais encore leur squelette, et en particulier leur crâne présente les caractères du crâne humain: puis peu à peu, avec la puberté, les caractères bestiaux, tant physiques que psychiques, se dessinent de plus en plus et finissent par prédominer. La même remarque a été faite pour les diverses races humaines: le négriillon, par exemple, est vif, intelligent, et apprend aussi facilement qu'un enfant européen: mais, à la puberté, il se fait un changement notable, de sorte que la différence entre un négro et un blanc adultes est bien plus grande qu'entre deux enfants de ces deux races.

**Caractères distinctifs.** — La capacité du crâne est plus faible chez les singes anthropomorphes que chez l'homme: le plus faible chiffre observé chez l'homme par Morton a été de 970 centimètres cubes; le plus grand chiffre trouvé chez le gorille est de 539 centimètres cubes; il y a donc entre les deux une différence de 431 centimètres cubes; mais cette différence perd de son importance si on considère qu'on a trouvé des crânes



chez les anthropomorphes, sauf dans le jeune âge où il peut atteindre 60 degrés; dans le chrysothrix il monte à 65 ou 66 degrés. L'angle alvéolo-condylien <sup>(1)</sup>, très-voisin de 0 degré chez l'homme, est de plus de 19 degrés en moyenne chez le gorille. Quant à l'angle de Daubenton <sup>(2)</sup>, il est trop variable pour fournir un caractère distinctif. (Broca.)

On a voulu faire de l'absence de l'os intermaxillaire une caractéristique de l'homme; mais il est bien prouvé aujourd'hui, par les recherches de Goethe et de Vicq-d'Azyr, confirmées par les observations modernes, que cet os intermaxillaire existe aussi chez lui; seulement sa soudure est plus précoce.

L'ordre de soudure des sutures crâniennes présente aussi quelques différences: chez l'homme, les sutures de la base du crâne se ferment avant les sutures de la voûte, spécialement la suture frontale; ce serait le contraire chez les singes anthropomorphes; la suture frontale se fermerait très-vite, arrêtant ainsi le développement du cerveau, et les sutures de la base, restant plus longtemps ouvertes, permettraient le développement prédominant de la face.

La dentition offre aussi quelques faits à signaler. Les canines sont saillantes, en forme de défenses, et se placent dans un intervalle (*barre* ou *diastème*) de l'arcade dentaire opposée. L'éruption des dents persistantes ne se ferait pas non plus dans le même ordre que chez l'homme; chez le gorille, les canines paraissent après la deuxième et la troisième molaire, tandis que chez l'homme elles paraissent avant; mais ce caractère est loin d'être constant.

Les circonvolutions cérébrales sont moins développées chez les anthropomorphes. D'après Bischoff, la disposition des plis encéphaliques ne serait pas la même chez l'orang et chez l'homme, et pour retrouver l'analogie il faudrait comparer le cerveau de l'orang au cerveau d'un fœtus humain de la seconde moitié du huitième mois. En outre, le *bec de l'encéphale*, saillie du lobe antérieur qui correspond à la fossette olfactive, existerait chez les anthropomorphes et ferait défaut chez l'homme. Le cer-

---

(1) L'angle alvéolo-condylien est compris entre le plan alvéolo-condylien et le plan déterminé par les deux axes orbitaires.

(2) L'angle de Daubenton ou angle occipital est constitué par deux plans: 1° le plan du trou occipital; 2° un plan qui passe par le bord postérieur du tour occipital et le bord inférieur de l'orbite.

veau des microcéphales, qui présente aussi ce bec de l'encéphale, ressemble beaucoup au cerveau des singes. En résumé, ces caractères distinctifs se réduisent à très-peu de chose et ne justifient pas la dénomination d'archencéphales admise par Owen pour le premier groupe des primates et la séparation de ce groupe d'avec les autres mammifères dans sa classification (').

La main ressemble à la main humaine; le pouce est seulement plus petit, surtout chez l'orang où il présente cette singularité d'être dépourvu d'ongle; le carpe de l'orang possède aussi un os surnuméraire, mais la main du gorille est tout à fait l'analogue de la main de l'homme et s'en rapproche beaucoup plus que de celle de l'orang. Les plis de flexion de la paume ont une disposition trop variable pour qu'on puisse en tirer quelques conclusions.

Même ressemblance pour le pied, avec cette seule différence que l'articulation du gros orteil est plus lâche et que le premier métatarsien, au lieu de s'articuler avec la face antérieure du premier cunéiforme comme chez l'homme, s'articule avec la partie interne de cet os, ce qui permet un certain degré d'écartement, mais non un véritable mouvement d'opposition du gros orteil.

Pour le système musculaire, il y a à signaler chez tous les anthropomorphes un muscle qui fait défaut chez l'homme, sauf dans les cas d'anomalie : c'est un faisceau qui part du tendon du grand dorsal et se rend à l'épitrochlée. En outre, le muscle fléchisseur propre du pouce est atrophié chez le gorille et le chimpanzé, et manque tout à fait chez l'orang et le gibbon. Le long fléchisseur du gros orteil manque aussi chez l'orang, mais il existe chez le gorille et le chimpanzé.

Le gorille, le chimpanzé et l'orang possèdent des sacs laryngiens qui renforcent la voix; mais ce qui atténue la valeur de ce caractère, c'est qu'ils s'implantent sur les ventricules de Morgagni dont ils sont des diverticules et qui existent aussi chez l'homme; c'est qu'ils ne se produisent qu'après la naissance, sous l'influence des efforts vocaux, et qu'enfin ils manquent chez le gibbon.

---

' Owen partage les mammifères en quatre classes : 1° les *archencéphales*, qui comprennent le seul genre homme; 2° les *gyrencéphales*, dont le cerveau est recouvert de circonvolutions; 3° les *lissencéphales*, dont le cerveau est lisse; 4° les *lyencéphales*, dont les deux hémisphères ne sont pas réunis par un corps calleux.

Les organes génitaux offrent quelques différences plus marquées. L'os de la verge existe chez tous les anthropomorphes. Le pénis de l'orang s'éloigne le moins du type humain; le gland est bien cylindrique, il est vrai, au lieu d'être conique, mais il est entouré à sa base d'un petit prépuce pourvu d'un frein (Duvernoy). Le clitoris est plus volumineux que dans l'espèce humaine.

Enfin, pour terminer, les proportions des membres supérieurs et inférieurs sont différentes. Voici, d'après Huxley, les longueurs relatives du bras, de la jambe, de la main et du pied, eu égard à la longueur de la colonne vertébrale supposée égale à 100 (comparez à ce sujet la figure 2) :

	Européen.	Boschisman.	Gorille.	Chimpanzé.	Orang.
Colonne vertébrale. .	100	100	100	100	100
Bras. . . . .	80	78	115	96	122
Jambe. . . . .	117	110	96	90	89
Main. . . . .	26	26	36	43	48
Pied. . . . .	35	32	41	39	52

Quels sont donc, en résumé, ces caractères distinctifs? Capacité crânienne plus faible; recul du trou occipital; angle facial plus petit; précocité de la suture frontale et retard des sutures de la base; développement des canines; brièveté du pouce; articulation plus lâche du gros orteil; bec de l'encéphale; un muscle de plus et un muscle atrophié; sacs laryngiens; os de la verge; volume du clitoris; différence de proportion des membres. Mais dans tous ces caractères, y en a-t-il un seul qui ait effectivement une importance capitale? Pour résoudre la question, il suffira de mettre en regard les caractères, bien autrement importants, qui distinguent les singes inférieurs des singes anthropomorphes. Crâne plus éloigné du crâne des singes anthropomorphes que celui-ci ne l'est du crâne humain (sauf pour le chrysothrix); formule dentaire différente; 24 dents de lait au lieu de 20; 36 dents permanentes au lieu de 32; squelette constitué pour la station horizontale et la marche quadrupède; main appuyant par sa face palmaire dans la marche; absence des quatre caractères cérébraux indiqués plus haut; absence d'appendice vermiculaire; foie et poumon construits sur un tout autre type; présence du lobe pulmonaire azygos.



Cette énumération ne prouve-t-elle pas qu'il y a plus de distance, au point de vue de l'organisation, entre les singes inférieurs et les anthropomorphes qu'entre ceux-ci et l'homme, et quelque chose, quelque partie qu'on prenne, on arrivera toujours au même résultat.

Reste l'intelligence. Il y a là une question d'un tout autre ordre. Personne ne nie la supériorité d'intelligence de l'homme sur le singe ; mais dans une classification d'histoire naturelle l'intelligence ne peut entrer en ligne de compte et ne doit pas intervenir comme caractère distinctif essentiel. Ce serait bouleverser toute classification et introduire le chaos dans la science ; le temps n'est pas venu encore où la classification organique et physiologique pourra faire place à une classification psychologique.

Il n'y a donc pas, au point de vue anatomique et physiologique, de ligne de démarcation tranchée entre l'homme et les singes anthropomorphes ; quant à savoir si cette ligne de démarcation doit être cherchée dans les fonctions psychiques, c'est une question qui a déjà été traitée plus haut et qui reviendra à propos des fonctions cérébrales.

L'homme continue donc, en la terminant, la série ininterrompue des êtres qui s'élève peu à peu des organismes inférieurs jusqu'à lui ; il ne peut, par conséquent, être isolé du reste des êtres vivants, et les phénomènes de la vie, pour être étudiés avec fruit, doivent être étudiés, non pas chez un seul, mais comparativement chez tous. Les fonctions ne s'exécutent pas autrement chez l'animal et chez l'homme, et les différences qu'elles présentent s'expliquent par des différences d'organisation ; mais au fond les actes vitaux essentiels sont les mêmes. Ainsi la marche de l'homme diffère de la marche de tel ou tel animal, mais la contraction musculaire se fait chez tous de la même façon et après les mêmes lois. Il y a même souvent avantage, pour connaître les fonctions de l'homme, à s'adresser, non pas aux êtres les plus voisins de lui dans la série, mais au contraire aux êtres les plus éloignés, aux organismes inférieurs, chez lesquels les actes vitaux sont moins complexes, plus facilement observables, et peuvent aussi, grâce au microscope, être constatés directement. Mais l'observation seule ne suffit pas en physiologie. De même que les chimistes placent les corps qu'ils veulent étudier dans certaines conditions, de façon à reproduire des réactions déjà

observées ou à en produire de nouvelles, le physiologiste cherche à déterminer dans quelles conditions, sous quelles influences se produit tel ou tel acte vital, et pour cela il reproduit les conditions, il fait agir les influences qu'il suppose pouvoir déterminer cet acte ou en faire varier le caractère; en un mot, il *expérimente*. C'est à l'expérimentation que la physiologie est redevable des progrès immenses qu'elle a faits dans ces dernières années, et quels que soient les reproches faits à certaines méthodes d'expérimentation et en particulier aux vivisections, il y a là une nécessité qui s'impose aujourd'hui, comme le massacre des animaux de boucherie est un résultat nécessaire de l'alimentation humaine. Les vivisections sont aussi indispensables aux progrès de la physiologie que les autopsies aux progrès de la médecine. On peut proscrire et attaquer l'abus, mais on doit en permettre l'usage, sinon toute recherche scientifique deviendrait impossible.

**Bibliographie.** — HUXLEY : *La place de l'homme dans la nature*; traduit par DALLY, 1868. — BROCA : *L'ordre des primates* (Bulletins de la Société d'anthropologie, 1869.) — CL. BERNARD : *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1865.

---

# DEUXIÈME PARTIE

## CHIMIE PHYSIOLOGIQUE

### CHAPITRE PREMIER

#### PRINCIPES CONSTITUANTS DU CORPS HUMAIN

##### 1. — CORPS SIMPLES.

Noms.	Symboles.	Poids atomique.	Présence.
Hydrogène ..	H.	1,00	Se rencontre dans tous les tissus et tous les liquides.
Carbone ....	C.	12,00	Tous les tissus et tous les liquides.
Azote .....	Az.	14,00	Dans une grande partie des tissus; en solution dans les liquides de l'organisme.
Oxygène ....	O.	16,00	Dans tous les tissus; en solution dans les liquides de l'organisme.
Soufre .....	S.	32,00	Substances albuminoïdes; sang; suc des tissus; sécrétions.
Phosphore...	Ph.	31,00	Sang; substance nerveuse; os; dents; liquides de l'organisme.
Fluor .....	Fl.	19,00	Os; dents; sang (traces).
Chlore .....	Cl.	35,46	Tous les tissus; tous les liquides animaux.
Silicium ....	Si.	28,00	Cheveux; sang; bile; urine (traces); épiderme; salive; os.
Sodium .....	Na.	23,00	Sang; toutes les sécrétions; suc des tissus.
Potassium...	K.	39,00	Muscles; globules rouges; substance nerveuse; sécrétions.
Calcium ....	Ca.	40,00	Organes, surtout os et dents; liquides de l'organisme.
Magnésium ..	Mg.	24,00	Accompagne le calcium.
Lithium ....	Li.	7,00	Muscles; sang; lait (traces, par l'analyse spectrale).
Fer. ....	Fe.	56,00	Matière colorante du sang; bile; urine; chyle; lymph; sueur; lait.
Manganèse ..	Mn.	55,00	Accompagne le fer.
Cuivre .....	Cu.	63,40	Foie et bile (?).
Plomb .....	Pb.	207,00	Accompagne le cuivre (?).

De ces éléments, les plus importants sont l'hydrogène, le carbone, l'azote, l'oxygène, le soufre, le phosphore, le chlore, le sodium, le potassium, le calcium et le fer. Les proportions relatives de ces divers principes dans le corps humain n'ont pas encore été déterminées exactement; il n'existe pas d'analyse quantitative d'un organisme animal comme il en a été fait pour les plantes.

## 2. — CORPS COMPOSÉS.

### 1° CORPS COMPOSÉS INORGANIQUES.

#### a. — Eau.

L'eau forme environ les deux tiers du poids du corps; un homme du poids de 75 kilos contient 52 kilogrammes d'eau. Sa quantité varie, du reste, suivant les organes. Le tableau suivant, emprunté en partie à Gorup-Besanez, donne la quantité d'eau (pour 1,000) contenue dans les principaux organes et liquides du corps humain :

Organes.	Eau.	Parties solides.	Liquides.	Eau.	Parties solides.
Émail . . . . .	2	998	Sang. . . . .	791	209
Ivoire . . . . .	100	900	Bile . . . . .	864	136
Os . . . . .	220	780	Lait . . . . .	891	109
Graisse . . . . .	299	701	Plasma sanguin. . .	901	99
Tissu élastique . . .	496	504	Chyle. . . . .	928	72
Cartilages . . . . .	550	450	Lymphé. . . . .	958	42
Foie. . . . .	693	317	Sérosité. . . . .	959	41
Moelle. . . . .	697	303	Suc gastrique . . .	973	27
Peau . . . . .	720	280	Suc intestinal . . .	975	25
Cerveau . . . . .	750	250	Larmes. . . . .	982	18
Muscles . . . . .	757	243	Humeur aqueuse . .	986	14
Rate . . . . .	758	242	Liquide cérébro-spi-		
Thymus . . . . .	770	230	nal. . . . .	988	12
Tissu connectif . . .	796	204	Salive . . . . .	995	5
Reins . . . . .	827	173	Sueur. . . . .	995	5
Corps vitré. . . . .	987	13			

## b. — Acides inorganiques.

- A. chlorhydrique.  $\text{HCl}$ . En combinaison avec la soude à peu près partout. Libre dans le suc gastrique (voir *Suc gastrique*).
- Fluorhydrique.  $\text{HFl}$ . Os et dents.
- Phosphorique.  $\text{PH}^3\text{O}^4$  Os et dents; tous les liquides animaux.
- Sulfurique.  $\text{SH}^2\text{O}^4$  Sang; suc des tissus et sécrétions.
- Silicique.  $\text{SiO}^2$  Cheveux; épiderme; os; sang; salive; bile; urine (traces).

## c. — Bases inorganiques.

- Soude.  $\text{NaO}$ . Sang; bile; urine; suc pancréatique; sécrétions.
- Potasse.  $\text{KO}$ . Muscles; globules rouges; substance nerveuse; lait et la plupart des sécrétions.
- Ammoniaque.  $\text{AzH}^3$ . Sang et urine (traces).
- Chaux.  $\text{CaO}$ . Organes, surtout os et dents; liquides animaux.
- Magnésie.  $\text{MgO}$ . Accompagne la chaux.

## d. — Sels.

- Chlorure de sodium.  $\text{NaCl}$ . Tous les tissus et tous les liquides.
- Chlorure de potassium.  $\text{KCl}$ . Globules du sang; muscles; substance nerveuse; sécrétions.
- Chlorure d'ammonium.  $\text{AzH}^4\text{Cl}$ . En petite quantité dans le suc gastrique, l'urine, la salive (pas constant).
- Fluorure de calcium.  $\text{CaFl}$ . Os; dents; sang.
- Phosphate de sodium.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{PhNa}^3\text{O}^4 \\ \text{PhNa}^2\text{HO}^4 \\ \text{PhNaH}^2\text{O}^4 \end{array} \right\}$  Tous les tissus et les liquides, surtout l'urine et la bile.
- Phosphate de potassium.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{PhK}^3\text{O}^4 \\ \text{PhK}^2\text{HO}^4 \\ \text{PhKH}^2\text{O}^4 \end{array} \right\}$  Accompagne le phosphate de soude; existe surtout dans les globules rouges.
- Phosphate de calcium.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{PhCa}^3\text{O}^4 \\ \text{PhCa}^2\text{HO}^4 \\ \text{PhCaH}^2\text{O}^4 \end{array} \right\}$  Tous les tissus et liquides, surtout os et dents.

Phosphate de magnésium . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{PbMg}^3\text{O}^4 \\ \text{PhMg}^2\text{HO}^4 \end{array} \right\}$	Tous les tissus et liquides (traces), surtout muscles et thymus.
Sulfate de sodium . . . . .	$\text{SO}^4\text{Na}^2$	La plupart des tissus et des liquides (sauf le lait, la bile et le suc gastrique).
Sulfate de potassium . . . . .	$\text{SO}^4\text{K}$	La plupart des tissus et des liquides (sauf le lait, la bile et le suc gastrique).
Hyposulfite de sodium . . . . .	$\text{S}^2\text{O}^3\text{Na}$	Urine (chats et chiens ; Schmiedeberg).
Hyposulfite de potassium . . . . .	$\text{S}^2\text{O}^3\text{K}$	Urine (chats et chiens ; Schmiedeberg).

Le plus important de ces sels est le chlorure de sodium. Le corps humain en contient environ 200 grammes. Le tableau suivant donne, d'après Lehmann, la quantité p. 100 de chlorure de sodium dans les principaux liquides de l'organisme :

Sang . . . . .	0,421 %	Urine . . . . .	0,332 %
Lymph . . . . .	0,412	Salive . . . . .	0,153
Chyle . . . . .	0,531	Suc gastrique (chien) . . . . .	0,126
Bile . . . . .	0,364	Lait (femme) . . . . .	0,087

## 2° COMPOSÉS ORGANIQUES.

### a. — Composés organiques non azotés.

#### I. — ACIDES ORGANIQUES.

A. carbonique . . . . .	$\text{CO}^2$	Sang et la plupart des liquides (absorbé à l'état de gaz); os et dents.
— formique . . . . .	$\text{CH}^2\text{O}^2$	Rate; muscles; pancréas; thymus; sueur; sang; urine.
— acétique . . . . .	$\text{C}^2\text{H}^4\text{O}^2$	Rate; muscles.
— propionique . . . . .	$\text{C}^3\text{H}^6\text{O}^2$	Sueur; bile.
— butyrique . . . . .	$\text{C}^4\text{H}^8\text{O}^2$	Rate; muscles; sueur; urine; sang; contenu de l'estomac et des intestins; excréments.
— caproïque . . . . .	$\text{C}^6\text{H}^{12}\text{O}^2$	Sueur.
— caprylique . . . . .	$\text{C}^8\text{H}^{16}\text{O}^2$	Sueur.
— caprique . . . . .	$\text{C}^{10}\text{H}^{20}\text{O}^2$	Sueur.
— palmitique . . . . .	$\text{C}^{16}\text{H}^{32}\text{O}^2$	Graisse; sérum du sang.

## PRINCIPES CONSTITUANTS DU CORPS HUMAIN. 47

A. stéarique . . .	$C^{18}H^{36}O^2$ . .	Graisse; sérum du sang.
— oléique . . .	$C^{18}H^{34}O^2$ . .	Graisse; chyle.
— lactique . . .	$C^3H^6O^3$ . .	Suc des glandes; urine; lait; sueur; suc gastrique (?).
— paralactique . .	$C^3H^6O^3$ . .	Suc musculaire.
— oxalique . . .	$C^2H^2O^4$ . .	Urine (sédiments; à l'état d'oxalate de chaux).
— succinique . . .	$C^4H^6O^4$ . .	Rate; thymus; thyroïde; sang; salive; urine (traces).
— taurylique . . .	$C^7H^8O$ . .	Urine, surtout de vache et de cheval (Stædeler).
— damalurique . .	$C^7H^{12}O^2$ . .	Urine, surtout de vache et de cheval (Stædeler).
— cholalique . . .	$C^{24}H^{40}O^5$ . .	Contenu de l'intestin grêle; excréments.
— choloïdique . .	$C^{24}H^{38}O^5$ . .	Excréments.
— phosphoglycéri- que . . . . .)	$C^3H^3PhO^6$ . .	{ Substance nerveuse; muscles; sang; urine; transsudats.

### II. — GLYCOGÈNES ET SUCRES.

Substance glyco- gène . . . . .)	$C^6H^{10}O^5$ . .	{ Foie; muscles; peau et chorion de l'em- bryon; globules de la lymphe (Hoppe- Seyler).
Glycose . . . . .	$C^6H^{12}O^6$ . .	Foie; sang; chyle; lymphe.
Sucre musculaire . .	(?)	Muscles.
Inosite . . . . .	$C^6H^{12}O^6 + 2H^2O$	Muscles; foie; rate; poumons; reins; cerveau; capsules surrénales.
Sucre de lait . . .	$C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$	Lait.

### III. — GRAISSES.

Stéarine . . . . .	$C^{57}H^{110}O^6$	{ Graisse; tissus; tous les liquides, sauf l'urine.
Palmitine . . . . .	$C^{51}H^{100}O^6$	
Oléine . . . . .	$C^{57}H^{104}O^6$	

La quantité de graisse du corps peut être évaluée à 2 kilogrammes environ (à trente ans). Elle se répartit ainsi :

Cartilage . . . . .	1,3%	Cheveux . . . . .	4,2%
Os . . . . .	1,4	Cerveau . . . . .	8,0
Cristallin . . . . .	2,0	Moelle épinière . . . . .	23,6
Foie . . . . .	2,4	Tissu graisseux . . . . .	82,7
Muscles . . . . .	3,3	Moelle des os . . . . .	96,0

## IV. — ALCOOLS ET AUTRES CORPS.

Alcool. . . . .	$C^2H^6O$ . . .	Urine (Béchamp).
Glycérine . . . .	$C^3H^8O^3$ . .	Graisses.
Phénol. . . . .	$C^6H^6O$ . .	Urine (Hoppe-Seyler).
Cholestérine . . .	$C^{26}H^{44}O + H^2O$	Substance nerveuse; sang; presque tous les liquides.
Excrétine . . . .	$C^{20}H^{36}O(?)$ . .	Excréments.
Dyslisine . . . .	$C^{24}H^{36}O^3$ . .	Excréments.

## b. — Composés organiques azotés.

## I. — ACIDES.

A. oxalurique. . .	$C^2H^4Az^2O^4$ . .	Urine (Schunk et Neubauer).
— urique . . . .	$C^5H^4Az^4O^3$ . .	Foie; rate; poumons; pancréas; cerveau; sang; urine.
— hippurique. . .	$C^9H^9AzO^3$ . .	Urine des herbivores.
— inosique . . . .	$C^{10}H^{14}Az^4O^{11}$ .	Suc musculaire.
— cryptophanique.	$C^{10}H^{18}Az^2O^{10}$ .	Urine.
— glycocholique. .	$C^{26}H^{43}AzO^6$ .	Bile; urine (traces; Dragendorff).
— taurocholique. .	$C^{26}H^{46}AzSO^7$ .	Bile; urine (traces; Dragendorff).
— sulfocyanhydrique . . . .	$CAzHS$ . .	Salive parotidienne.

## II. — BASES, AMIDES ET CORPS NEUTRES.

Urée . . . . .	$CH^4Az^2O$ . .	Urine; sang; transsudats; lymphe; foie; sueur.
Créatinine. . . .	$C^4H^7Az^3O$ . .	Urine.
Sarcine . . . . .	$C^6H^4Az^4O$ . .	Muscles; rate; foie; capsules surrénales.
Guanine. . . . .	$C^5H^5Az^5O$ . .	Pancréas; foie.
Créatine. . . . .	$C^4H^9Az^3O^2$ . .	Muscles; substance nerveuse; sang; transsudats.
Xanthine . . . .	$C^5H^4Az^4O^2$ . .	Urine; foie; rate; pancréas; thymus; cerveau; muscles.
Leucine. . . . .	$C^6H^{13}AzO^2$ . .	Pancréas; rate; thymus; thyroïde; glandes salivaires; foie; reins; capsules surrénales; substance nerveuse; glandes lymphatiques.



# PRINCIPES CONSTITUANTS DU CORPS HUMAIN. 49

Uréthane . . . . .	$C^4H^6Az^4O^3$ . . .	Urine; eau de l'amnios.
Tyrosine . . . . .	$C^9H^{11}AzO^3$ . . .	Rate; pancréas.
Cérébrine . . . . .	$C^{17}H^{23}AzO^3$ . . .	Substance nerveuse.
Amide lactylique .	$C^3H^5Az^2O$ . . .	Urine (Baumstark).
Améthylamine . . .	$C^{10}H^9Az$ . . .	Excréments.
Idol . . . . .	$C^8H^7Az$ . . .	Excréments.
Triméthylamine . .	$C^6H^3Az$ . . .	Urines normales (Dessaignes; Gauthier).
Strécorine . . . . .	(?)	Sang (Boudet); excréments (Flint).

## Substances sulfurées.

Cystine . . . . .	$C^3H^7AzSO^2$ . . .	Urine (quelquefois); sueur (quelquefois).
Taurine . . . . .	$C^2H^7AzSO^2$ . . .	Muscles; poumons.

## Substances phosphorées.

Lécithine . . . . .	$C^{44}H^{90}AzPhO^9$ . . .	Presque tous les liquides; substance nerveuse; sperme.
Inositol . . . . .	$C^{116}H^{231}Az^4PhO^{22}(?)$	Presque tous les liquides; substance nerveuse; sperme.

## III. — SELS.

Carbonate de sodium . . .	$CO^3Na^2$ . . .	Sang et urine des herbivores et omnivores.
Carbonate de potassium . .	$CO^3K$ . . .	Sang et urine des herbivores et omnivores.
Carbonate de calcium . . .	$CO^3Ca$ . . .	Os; dents; otolithes; urine d'herbivores.
Carbonate de magnésium . .	$CO^3Mg$ . . .	Urine d'herbivores.
Hippurate de sodium . . .	$C^9H^6NaAzO^3$ . . .	Urine d'herbivores; urine d'homme (traces).
Hippurate de calcium . . .	$C^9H^6CaAzO^3$ . . .	Urine d'herbivores; urine d'homme (traces).
Rate de sodium . . . . .	$C^3H^3NaAz^4O^3$ . . .	Urine; sang; rate; foie; pancréas; poumons; cerveau.
Rate de potassium . . . .	$C^3H^3KAz^4O^3$ . . .	Urine; sang; rate; foie; pancréas; poumons; cerveau.
Rate de calcium . . . . .	$C^2H^3CaO^4$ . . .	Urine (sédiments).
Glycocolate de sodium . . .	$C^{26}H^{42}NaAzO^6$ . . .	Bile.
Taurocolate de sodium . . .	$C^{26}H^{44}NaAzSO^7$ . . .	Bile.
Cyanure de potassium . . .	$CyKS^3$ . . .	Salive.

## IV. — MATIÈRES COLORANTES.

Hématine . . . . .	$C^{56}H^{102}Az^{82}Fe^3O^{18}(?)$	Sang.
Bilirubine . . . . .	$C^{16}H^{16}Az^2O^3$	Bile.
Biliverdine . . . . .	$C^{16}H^{20}Az^2O^5$	Bile.
Urobiline . . . . .	$C^{32}H^{10}Az^1O^7$	Urine; excréments.
Indican . . . . .	$C^{26}H^{31}AzO^{17}$	Urine; sueur.
Lutéine . . . . .	(?)	Vitellus; corps jaunes; matière colorante jaune de la graisse et du sérum (?).
Mélarine . . . . .	(?)	Pigment.

## V. — SUBSTANCES ALBUMINOÏDES.

Albumine du sérum . . .	Sang; lymph; chyle; sérosité; suc musculaire; colostrum.
Albumine de l'œuf.	
Vitelline . . . . .	Vitellus; cristallin.
Myosine . . . . .	Suc musculaire; protoplasma.
Fibrinogène . . . . .	Plasma sanguin et lymphatique; sérosités.
Paraglobuline . . . . .	Sérum; plasma; globules sanguins; lymph; chyle; sérosité (quelquefois); cristallin.
Fibrine . . . . .	Sang; lymph; chyle.
Caséine . . . . .	Lait; jaune de l'œuf; sérum; chyle; suc musculaire.
Syntonine . . . . .	Tissu musculaire.
Substance amyloïde . . .	Cerveau; moelle.
Peptones . . . . .	Contenu de l'estomac et de l'intestin; produits de la digestion des albuminoïdes.
Hémoglobine . . . . .	Globules rouges; muscles (?).
Mucine . . . . .	Certaines sécrétions.
Kératine . . . . .	Épithélium; épiderme; ongles; cheveux.
Collagène et glutine . . .	Os; tissu connectif.
Chondrigène et chondrine.	Cartilages.

Les matières albuminoïdes se répartissent ainsi dans les différents liquides et tissus de l'organisme (Gorup-Besanez) :

Liquides.	Pour 1,000 parties.	Tissus.	Pour 1,000 parties.
Liquide cérébro-spinal.	0,9	Moelle . . . . .	74,9
Humeur aqueuse . . .	1,4	Cerveau . . . . .	86,3

## PRINCIPES CONSTITUANTS DU CORPS HUMAIN. 51

Liquides (suite).	Pour 1,000 parties.	Tissus (suite).	Pour 1,000 parties.
—	—	—	—
Ux de l'annies. . . .	7,0	Fole . . . . .	117,4
Sac intestinal . . . .	9,5	Thymus (veau) . . . . .	122,9
Sécrété péricardique. .	23,6	Ouf de poule. . . . .	134,3
Lympe . . . . .	24,6	Muscles . . . . .	161,8
Sac pancréatique. . .	33,3	Tunîque artérielle moyenne.	273,3
Synovle. . . . .	39,1	Cristallin. . . . .	383,0
Lait . . . . .	39,4		
Chyle . . . . .	40,9		
Sang. . . . .	195,6		

### VI. — FERMENTS.

Ces ferments se présentent dans presque tous les sucs digestifs, salive (ferment salivaire), suc gastrique (pepsine), etc.

### APPENDICE. — CARACTÈRES ET RÉACTIONS DES PRINCIPALES SUBSTANCES ORGANIQUES CONSTITUANTES DU CORPS HUMAIN.

**Acide acétique.** —  $C^2H^4O^2$ . Cristaux transparents, feuilletés, se changeant à  $17^{\circ}$  C. en un fluide incolore, d'une odeur piquante caractéristique et d'une saveur très-acide; volatil sans résidu. Ne précipite pas par le perchlorure de fer; mais si on sature l'acide par l'ammoniaque, la liqueur devient rouge foncé (acétate de fer). Précipité blanc cristallin par le protonitrate de mercure.

**Acide benzoïque.** —  $C^7H^6O^2$ . Aiguilles soyeuses, fusibles à  $120^{\circ}$ , se volatilisant à  $150^{\circ}$ ; peu soluble dans l'eau froide; soluble dans l'alcool et l'éther. (Sa présence dans les urines normales est douteuse.)

**Acides biliaires.** — Ils sont au nombre de deux : acides glycocholique et taurocholique. (Voir ces noms.)

**Réaction de Felttenkofer.** — Ajouter au liquide quelques gouttes d'une solution au  $\frac{1}{4}$  de sucre de canne et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré en maintenant la température à  $+ 70^{\circ}$  environ; il se produit une coloration rouge-cerise, puis pourpre. La présence de substances albuminoïdes empêche la réaction.

**R. de Bogomoloff.** — Évaporer à siccité la solution alcoolique des acides biliaires; étaler le résidu le plus possible et le moniller avec une à trois gouttes d'acide sulfurique concentré, puis ajouter une goutte d'alcool; il se produit des zones de coloration jaunes, orangées, rouges, violettes et indigo, en allant du centre à la périphérie. Cette réaction serait plus sensible que la précédente.

*R. de Strassburg.* — Tremper un morceau de papier à filtrer dans le liquide (urine, par ex.) mélangé d'abord de sucre de canne; le laisser sécher; faire tomber dessus une goutte d'acide sulfurique concentré pur qu'on laisse couler; après  $\frac{1}{4}$  de minute, à la lumière transmise, on a une belle coloration violette.

Les sels alcalins des acides biliaires, tels qu'on les trouve dans la bile, dissolvent la cholestérine; ils détruisent les globules sanguins et ont la propriété de dissoudre et d'émulsionner les graisses.

**Acide butyrique.** —  $C^4H^8O^2$ . Liquide incolore, d'odeur vinaigrée (de beurre rance, quand il est impur); soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther; volatil à  $160^\circ$ . Il précipite de ses solutions concentrées par le chlorure de calcium en gouttes huileuses. Chauffé avec de l'alcool et de l'acide sulfurique, il donne du butyrate d'éthyle (odeur de fraise).

**Acide caprique.** —  $C^{10}H^{20}O^2$ . Solide, d'odeur de sueur; fusible à  $+70^\circ$ ; un peu soluble dans l'eau; miscible à l'alcool et à l'éther en toutes proportions; le caprate de baryte est à peu près insoluble dans l'eau froide.

**Acide caproïque.** —  $C^6H^{12}O^2$ . Liquide incolore, huileux, d'odeur de sueur; volatil à  $202^\circ$ ; presque insoluble dans l'eau; miscible à l'alcool et à l'éther en toutes proportions; le caproate de baryte se dissout dans 12 parties d'eau froide.

**Acide caprylique.** —  $C^8H^{16}O^2$ . Liquide onctueux, d'odeur de sueur; cristallise à  $+12^\circ$ ; insoluble dans l'eau; miscible à l'alcool et à l'éther en toutes proportions; le caprylate de baryte est soluble dans 125 parties d'eau froide.

**Acide carbolique.** — Voir: *Phénol*.

**Acide cérébrique.** — Voir: *Cérébrine*.

**Acide cholalique.** —  $C^{24}H^{40}O^3$ . Amorphe ou cristallise en prismes quadrangulaires (solution étherée) ou en octaèdres ou tétraèdres (solution alcoolique). Chauffé à  $190^\circ$  à  $200^\circ$ , il se décompose en dyslysine et en eau:  $C^{24}H^{40}O^3 = C^{24}H^{36}O^3 + 2H^2O$ .

**Acide cholélique.** — Voir: *Acide taurocholique*.

**Acide cholique.** — Voir: *Acide glycocholique*.

**Acide chololdique.** —  $C^{24}H^{36}O^4$ . Serait un mélange d'acide cholalique, de dyslysine et d'acides biliaires. (Hoppe-Seyler.)

**Acide cryptophanique.** —  $C^{10}H^{14}Az^2O^{10}$ . Acide faible, transparent, peu coloré, auquel Tudichum attribue l'acidité des urines.

**Acide damalurique.** —  $C^7H^{12}O^2$ . Liquide huileux, plus dense que l'eau; insoluble dans ce liquide. (Stædeler.)

**Acide excrétolelique.** — Substance granuleuse, de couleur olive, d'odeur de fécule; fond de  $25^\circ$  à  $26^\circ$ ; insoluble dans l'eau; soluble dans l'alcool chaud et l'éther; se dépose quand on abandonne au-dessous de  $0^\circ$  une solution alcoolique d'excrétine.

**Acide formique.** —  $CH^2O^2$ . Liquide incolore, d'odeur forte et

**Acide phénique.** — Voir : *Phénol*.

**Acide phosphoglycérique.** —  $C^3H^5PhO^6$ . Liquide sirupeux, se décompose facilement par la chaleur en glycérine et acide phos-

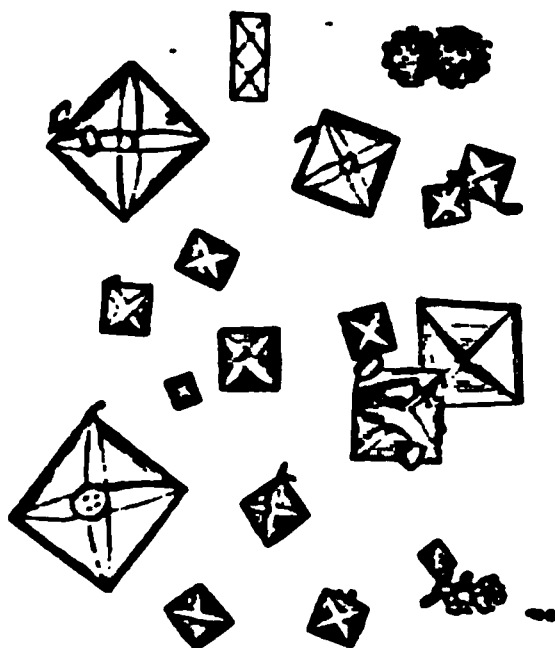


Fig. 5. — Oxalate de chaux. (Voir page 54.)

phorique. Ses sels de baryte et de chaux sont solubles dans l'eau froide, insolubles dans l'alcool absolu.

**Acide pneumique.** — Mélange d'acide lactique et de taurine.

**Acide propionique.** —  $C^3H^5O^2$ . Liquide incolore, d'une odeur analogue à l'acide acétique ; volatil à  $142^\circ$  ; soluble dans l'eau, dont le chlorure de calcium le précipite en gouttes huileuses. Traité par l'alcool et l'acide sulfurique, il dégage une odeur de fruit, due au propionate d'éthyle. Le propionate de sodium est bien plus soluble que l'acétate.

**Acide sarcolactique.** — Voir : *Acide paralactique*.

**Acide stéarique.** —  $C^{18}H^{36}O^2$ . En masse cristalline, blanche, inodore, insipide ; fusible à  $69^\circ,2$ , insoluble dans l'eau, moins soluble dans l'alcool que l'acide palmitique, soluble dans l'alcool bouillant, l'éther et le chloroforme. Le stéarate de plomb est insoluble dans l'éther.

**Acide succinique.** —  $C^4H^6O^4$ . Cristallise en aiguilles à 6 pans ou en tables hexagonales. Incolore ; volatil à  $120^\circ$  avec production de vapeurs suffocantes de saveur et d'odeur spéciales ; fond à  $180^\circ$  ; soluble dans 23 parties d'eau froide, plus soluble dans l'eau chaude ; soluble dans l'alcool ; presque insoluble dans l'éther. En présence des sels d'urane, sa solution aqueuse, exposée aux rayons solaires, se décompose en acide propionique et acide carbonique.

**Acide sulfocyanhydrique.** —  $CAzHS$ . Les sulfocyanures alcalins sont très-solubles dans l'eau et dans l'alcool. Ils donnent avec le perchlorure de fer une coloration rouge caractéristique, mais seulement dans les solutions acides.

**R. de l**  
**gayac**, pu  
 de cuivre

**Acide tau**  
 très-amèr  
 Par l'eau  
 et taurine  
 il se déce  
 $C^{12}H^{10}O^4$  -  
 saveur su

**Acide tau**  
 distingue  
 qu'il se  
 centré. (8

**Acide uri**  
 est pur, n  
 microscop  
 à 6 côtés  
 insoluble

**Transf**  
 transform  
 $CH^4Az^3O$   
 l'oxydation  
 $H^2O = C$   
 plomb, l'a  
 $C^6H^4Az^4O^2$   
 Dans c  
 oxaluriqu  
 acide car  
 Les ur

acétique et chlorhydrique en précipitent l'acide urique sous forme cristalline.

L'*urate acide de soude* se trouve, dans les sédiments urinaires, en poudre amorphe et en petites sphères recouvertes de prismes aiguillés. L'*urate acide d'ammoniaque* est en poudre amorphe, fonce, grenue. L'*urate acide de chaux* constitue une poudre blanche, amorphe, difficilement soluble dans l'eau.

**Réactions de l'acide urique.** — 1° Mettre un peu de la substance à examiner dans un verre de montre, ajouter deux gouttes d'acide nitrique, chauffer et évaporer à siccité. Si la substance est de l'acide urique, elle se dissout dans l'acide nitrique et donne par l'évaporation un résidu jaune, puis rouge, qui devient rouge-pourpre si on y ajoute une goutte d'ammoniaque caustique, et bleu violet si on ajoute de la soude ou de la potasse.

2° Dissoudre la substance à examiner dans un peu de solution de soude, et filtrer; ajouter au liquide du chlorhydrate d'ammoniaque en excès; il se fait un précipité d'urate d'ammoniaque qui, par l'addition d'acide chlorhydrique, laisse déposer des cristaux d'acide urique.

3° Examen microscopique des cristaux.

**Albuminate basique.** — Desséché, se gonfle dans l'eau sans se dissoudre; mais se dissout dans l'acide acétique et les solutions alcalines. Précipité en flocons, il se dissout dans l'eau légèrement alcaline et donne les réactions de la caséine du lait. Sa solution précipite par l'acide carbonique et ne précipite pas par l'alcool. L'acide chlorhydrique étendu le transforme en syntonine. Il est probablement identique à la caséine.

**Albumine acide.** — Voir: *Syntonine*.

**Albumine de l'œuf.** — Mêmes caractères que l'albumine du serum; mais se dissout à peine dans l'acide nitrique concentré; cristallisée, elle ne précipite pas par l'éther.

**Albumine du serum.** — Desséchée, substance jaune clair, transparente, vitreuse, soluble dans l'eau; la solution est un peu visqueuse, opalescente et légèrement fluorescente. A 70°, la chaleur la coagule, à moins que la solution ne soit très-alcaline. Dans cette coagulation, il reste toujours dissoute une petite quantité d'albuminate alcalin, et le liquide même devient alcalin. D'après Mathieu et Urbain, l'acide carbonique dissous dans l'albumine se combine avec elle sous l'influence de la chaleur et serait la cause de la coagulation. Les solutions d'albumine, privées d'acide carbonique par le vide, deviendraient incoagulables. L'alcool la précipite de ses solutions; les acides carbonique, acétique, tartrique, phosphorique, les acides étendus, ne la précipitent pas; les acides concentrés la précipitent, spécialement les acides azotique, métaphosphorique, picrique, le phénol et le tannin. Les alcalis la transforment

en albumi  
centré. La  
de tous se  
leur et par

Privée d  
moniaque,  
identique  
tenue plus  
elle aband  
tout en aci  
(Gréhant ;

Elle devi

#### **Albumina**

*tières albu*  
soufre ; le  
suivante :  
les acides  
lubles pre  
solutions a  
une odeur  
et laissent  
phate de  
sent très-  
l'acide sul  
L'acide az  
jaune, acti  
ou par la  
compositio  
formique,  
ammoniaq  
pionique,  
de ces aci  
et propion.

Elles dé

Elles so  
minéraux  
cyanure de  
mercure, l

*Réaction*  
et ajouter  
se fait un

2° Ajout  
mélanger  
de soude  
précipités.



Quand les quantités de substances albuminoïdes sont très-faibles, on peut employer les réactions suivantes :

1° *R. de Piotrowski*. — Le liquide se colore en violet si on le chauffe avec une solution de soude ou de potasse avec addition de une ou deux gouttes de sulfate de cuivre.

2° En chauffant avec l'acide nitrique concentré, le liquide prend une couleur jaune, qui passe au rouge-orange par l'action des sels (*R. xanthoprotéique*).

3° *R. de Millon*. — On prépare le réactif de Millon en dissolvant à froid 1 de mercure dans son poids d'acide azotique concentré ; on achève la solution en chauffant légèrement ; on ajoute 2 volumes d'eau distillée et on décante. Ce réactif donne avec les liquides albumineux une coloration rouge, plus prononcée si on chauffe jusqu'à 60° ou 70°.

*Classification des matières albuminoïdes :*

1° Albumines solubles dans l'eau.	a. Coagulables par la chaleur . . .	Albumine de l'œuf.
		Albumine du sérum.
		Paralbumine.
2° Albumines insolubles dans l'eau.	b. Incoagulables par la chaleur . . .	Peptones.
	c. Décomposée par la chaleur . . .	Hémoglobine.
3° Albumines insolubles dans l'eau.	a. Solubles dans le chlorure de sodium étendu . . .	Vitelline.
		Myosine.
		Fibrinogène.
4° Albumines insolubles dans l'eau.	b. Insolubles dans le chlorure de sodium étendu.	Paraglobuline.
		Fibrine.
		aa. Insolubles dans les acides étendus . . .
5° Dérivés des matières albuminoïdes . . .	bb. Solubles dans l'acide chlorhydrique . . .	Albumine coagulée.
		Substance amyloïde.
		Caséine.
6° Ferments solubles . . .	Substance chondrigène et chondrine.	Protéine.
		Synloneine.
		Substance collagène et gélatine.
7° Dérivés des matières albuminoïdes . . .	Mucine.	Kératine.
		Elastine.
		Pepsine, ferment salivaire, etc.

**Albuminose.** — Voir : *Peptones*.

**Alcaptone.** — Corps amorphe, jaune pâle, analogue à la glucose soluble dans l'eau et dans l'alcool; réduit l'oxyde de cuivre; chauffé avec la chaux sodée, dégage de l'ammoniaque.

**Alcool.** —  $C^2H^4O$ . Pour déceler des traces d'alcool dans un liquide on le distille; le produit est condensé dans un récipient refroidi et redistillé avec du carbonate de potasse sec. On fait alors avec quelques gouttes de produit les essais suivants :

1° On a une coloration verte par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique.

2° On promène sur les parois du ballon condensateur 1 à 3 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré et 2 à 3 gouttes d'acide butyrique; il se dégage une odeur de fraise (butyrate d'éthyle).

**Allantoïne.** —  $C^4H^6Az^2O^3$ . Petits cristaux transparents, prismatiques, inodores, insipides; neutre; soluble dans l'eau froide (160 parties); insoluble dans l'alcool froid et l'éther; soluble dans l'eau et dans l'alcool bouillants et dans les carbonates alcalins. La solution ammoniacale de nitrate d'argent en précipite des flocons blancs (combinaison d'oxyde d'argent et d'allantoïne) qui se transforment en grains par le repos; l'argent se réduit si on chauffe ce précipité à 100°. L'ozone transforme les solutions alcalines d'allantoïne en urée et acide urique. Sous l'influence des alcalis, l'allantoïne se double en acide oxalique et ammoniaque :  $C^4H^6Az^2O^3 + 5H^2O = 2C^2H^2O^4 + 4AzH^3$ . Chauffée avec l'eau acidulée, elle se transforme en urée et acide allanturique :  $C^4H^6Az^2O^3 + H^2O = CH^4Az^2O + C^2H^4Az^2O$ . L'acide allanturique lui-même, en s'oxydant, donne de l'acide oxalique et de l'urée :  $C^2H^4Az^2O + H^2O + O = C^2H^2O^4 + CH^4Az^2O$ .

**Ammoniaque.** —  $AzH^3$ . Ses sels donnent avec le réactif de Nessler un précipité brun ou une coloration jaune. Le réactif de Nessler se prépare de la façon suivante : On dissout 2 grammes d'iodure de potassium dans 50 centimètres cubes d'eau et on ajoute du biiodure mercurique jusqu'à ce qu'il ne s'en dissolve plus; on laisse refroidir; on étend de 20 centimètres cubes d'eau; on mélange 2 parties de cette solution à 3 parties d'une solution concentrée de potasse et on filtre.

**Amyloïde (matière).** —  $C^{33}H^{57}Az^{14}O^{11}S$  (?). Amorphe, insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. La teinture d'iode la colore en rouge-brun foncé, ce qui la rapproche de la matière glycogène; mais elle s'en distingue parce qu'avec l'acide sulfurique et la chaleur elle ne donne jamais de glucose. Par l'acide sulfurique concentré et l'iode elle donne une coloration violette. Elle appartient aux substances albuminoïdes et ne doit pas être confondue avec les corpuscules amyloïdes de la substance nerveuse qui sont analogues à l'amidon et bleuissent par l'iode.

**Bilifusine.** —  $C^{16}H^{22}Az^2O$ . Poudre brune, presque noire, brillante.

à peine soluble dans l'eau, l'éther et le chloroforme; soluble dans l'alcool avec une coloration brune; soluble dans les alcalis avec une coloration brun-rouge. Sa solution alcaline est précipitée en blanc par les acides.

**Uroprasine.** —  $C^{16}H^{22}Az^3O^6$ . Poudre vert foncé; presque noire, brillante; insoluble dans l'eau, l'éther, le chloroforme; soluble dans l'alcool avec une coloration verte qui devient brune par l'addition d'alcalis. Sa solution dans les alcalis est précipitée en vert par les acides. Elle se comporte avec l'acide azotique comme les autres matières colorantes de la bile (sauf la coloration verte).

**Urobiline.** —  $C^{16}H^{14}Az^2O^3$ . En poudre amorphe, orangée, ou en cristaux prismatiques, ou en tables rhomboédriques. Insoluble dans l'eau; très-peu soluble dans l'éther; un peu plus soluble dans l'alcool; très-soluble dans le sulfure de carbone, le chloroforme, la benzine; ses solutions sont jaune d'or. R. Maly l'a transformée artificiellement en urobiline.

**R. de Gmelin.** — L'acide azotique pur, renfermant des traces d'acide rutilant, ajouté avec ménagement, produit une succession de teintes dans l'ordre suivant: verte, bleue, violette, rouge et jaune; la teinte verte doit toujours se produire.

**Uilverdine.** —  $C^{16}H^{20}Az^2O^3$  (?). Poudre amorphe, vert foncé, ou tables rhomboïdales vertes. Insoluble dans l'eau, l'éther et le chloroforme; soluble dans l'alcool avec une coloration vert bleuâtre; soluble dans les alcalis avec une teinte verte; les acides précipitent de la solution des flocons verts. Elle donne la réaction de Gmelin.

**Betalanine.** —  $C^{11}H^{11}AzO^2$ . Homologue de la leucine et de la glycolle. Cristallise en prismes incolores peu solubles dans l'eau et l'alcool. Trouvée par Gorup-Besanez dans la rate et le pancréas du veau.

**Carnine.** —  $C^7H^4Az^4O^3$ . Grains cristallins, crayeux, peu solubles dans l'eau froide, insolubles dans l'alcool et l'éther. Saveur d'abord insignifiante, puis amère. Par l'eau bromée elle se transforme en sarcine. Théoriquement, elle peut être considérée comme constituée par la sarcine et l'acide acétique:  $C^7H^4Az^4O^3 = C^7H^4Az^4O + C^2H^4O^2$ . Elle a été retirée par Weidel de l'extrait de viande.

**Créoline.** — Insoluble dans l'eau; soluble dans l'eau légèrement alcalinisée; sa solution n'est pas coagulée par la chaleur; soluble dans l'acide chlorhydrique très-étendu; moins dans l'acide acétique étendu. Ses solutions sont précipitées par l'alcool, le sulfate de magnésium, le chlorure de calcium, les sels métalliques. Par une ébullition prolongée avec l'eau, elle donne de l'acide lactique et de la créatinine. (Meissner.)

**Cérébrine.** —  $C^{11}H^{11}AzO^3$  (?). Poudre blanche, hygroscopique, qui se gonfle quand on la chauffe à 80°; se gonfle dans l'eau; insoluble dans l'alcool et l'éther; soluble dans l'alcool bouillant. Ne se dé-



**Colorante de l'urine (matière).** — Voir : *Urobiline*.

**Créatine.** —  $C^4H^3Az^3O^2$ . Prismes rhomboédriques, durs, incolores, de saveur amère, forte; soluble dans l'eau, presque insoluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther; neutre. Chauffée avec l'acide chlorhydrique étendu, elle se transforme en créatinine :  $C^4H^3Az^3O^2 = C^4H^3Az^3O + H^2O$ . Par l'ébullition avec la baryte, elle se transforme en urée et en sarcosine :  $C^4H^3Az^3O^2 + H^2O = CH^4Az^3O + C^3H^3AzO^2$ . Par son oxydation, elle donne des acides oxalique et carbonique et de la méthyluramine :  $C^3H^3Az^3$ .

**Créatinine.** —  $C^4H^3Az^3O$ . Prismes incolores, brillants, de saveur fortement alcaline; soluble dans l'eau et l'alcool, très-peu soluble dans l'éther; très-alcaline. Oxydée, elle donne de la méthyluramine :  $C^3H^3Az^3$ .

Si on ajoute à sa solution une solution concentrée non acide de chlorure de zinc, il se produit un précipité finement grenu ou bien en groupes d'aiguilles ou de prismes (chlorure double de zinc et de créatinine); ce chlorure, traité par le sulfure d'ammonium, reproduit la créatine en prenant un équivalent d'eau :  $C^4H^3Az^3O + H^2O = C^4H^3Az^3O^2$ .

**Cytine.** —  $C^4H^3AzSO^2$ . Cristallise en lames rhomboédriques ou hexagonales incolores. Insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, soluble dans l'ammoniaque (caractère distinctif d'avec l'acide urique), les acides minéraux et l'acide oxalique. Chauffée avec un peu de soude sur une lame d'argent, elle donne une tache brune de sulfure d'argent. Chauffée à l'ébullition avec un mélange d'acétate de plomb et de potasse, elle donne une coloration brune de sulfure de plomb; la solution doit être exempte de matières albuminoïdes et mucilagineuses contenant du soufre.

**Dextrine.** —  $C^6H^{12}O^5$ . Poudre amorphe, transparente, soluble dans l'eau et l'alcool faible, insoluble dans l'alcool absolu et dans l'éther. Sa solution ne précipite pas par l'acétate de plomb. Elle donne une coloration rose avec la teinture d'iode. L'acide sulfurique la transforme en glucose. Elle dévie à droite la lumière polarisée.

**Diamide lactylique.** —  $C^3H^4Az^2O$  (Baumstark). Cristaux peu solubles; sa solution aqueuse précipite par le sulfate mercurique; il donne des sels solubles avec les acides. Par l'acide nitreux, il donne de l'acide paralactique. Il paraît être un dérivé de l'acide paralactique.

**Dyslysine.** —  $C^2^1H^{16}O^3$ . Masse amorphe, presque incolore; insoluble dans l'eau et l'alcool; très-peu soluble dans l'éther; soluble dans l'acide cholalique et les cholalates. Produit de décomposition de l'acide cholalique (voir cet acide). Par l'ébullition avec une solution aqueuse de potasse, elle reproduit l'acide cholalique :  $C^2^1H^{16}O^3 + 2H^2O = C^2^1H^{16}O^2$ .

**Dyspeptone.** — Voir : *Digestion stomacale*.



thier. Eichwald a obtenu la fibrine à l'état soluble; elle conserve du reste toutes ses propriétés.

**Fibrinogène (substance).** — Soluble dans l'eau; par l'acide carbonique donne un précipité poisseux qui se forme difficilement; précipite par un mélange de 3 parties d'alcool et de 1 partie d'éther; précipite par le sulfate de cuivre; le précipité est insoluble dans un excès de réactif.

**Fibrinoplastique (substance).** — Soluble dans l'eau aérée (Kühne; non, d'après Eichwald); précipite en flocons par l'acide carbonique; ne précipite pas par l'alcool. Elle précipite par les acides minéraux; le précipité est insoluble dans un excès de réactif; par les sels minéraux, le précipité est soluble dans un excès de réactif. Si on ajoute de la substance fibrinoplastique à une solution salée de fibrinogène, il se produit de la fibrine. (A. Schmidt.)

**Gélatine.** — Blanc jaunâtre; se gonfle dans l'eau froide; soluble dans l'eau bouillante et se prend en gelée par le refroidissement; soluble à froid dans les acides et les alcalis. Les solutions de gélatine sont précipitées par le tannin et le bichlorure de mercure; elles ne précipitent pas par les acides minéraux, les bases, l'acide acétique et le ferrocyanure de potassium. Elle dévie à gauche la lumière polarisée.

**Globuline.** — Matière albuminoïde insoluble dans l'eau, soluble dans une solution étendue de chlorure de sodium; sa solution coagule par la chaleur; elle est transformée en syntonine par l'acide chlorhydrique étendu. D'après Hoppe-Seyler, elle comprend la vitelline, la myosine, la substance fibrinogène et la substance fibrinoplastique.

**Glucose.** — Voir : *Glycose*.

**Glutine.** — Voir : *Gélatine*.

**Glycérine.** —  $C^3H^8O^3$ . Liquide huileux, incolore, inodore, sucré; soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther. Chauffé dans un tube avec l'acide phosphorique anhydre ou avec le sulfate acide de potassium, il dégage l'odeur caractéristique de l'acroléine,  $C^3H^4O$ . Ses combinaisons avec les acides constituent les glycérides. Les grasses sont des combinaisons de la glycérine avec les acides gras. Ses solutions étendues, en contact avec la levûre de bière, se décomposent de 20° à 30° et donnent lieu à la formation d'acide propionique.

**Glycine.** — Voir : *Glycocolle*.

**Glycocolle.** —  $C^2H^3AzO^2$ . Cristaux durs, incolores, de forme rhomboédrique ou prismatique quadrangulaire, de saveur sucrée; fusible à 176°; soluble dans l'eau froide; insoluble dans l'alcool froid et l'éther. Ses solutions ont une réaction acide. Une solution bouillante de glycocolle donne, avec l'hydrate d'oxyde de cuivre, une solution bleue qui abandonne par le refroidissement des aiguilles cristallines

bleu foncé. Évaporée avec de l'acide chlorhydrique, elle donne un composé cristallin, très-soluble dans l'eau et l'alcool. Par la chaleur, la glycocolle se décompose en méthylamine et acide carbonique :  $C^2H^5AzO^2 = CH^5Az + CO^2$ .

**Glycogène (substance).** —  $C^6H^{10}O^5$ . Amorphe, incolore, inodore; soluble dans l'eau avec opalescence; insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Chauffée avec l'acide chlorhydrique étendu, elle se transforme en dextrine,  $C^6H^{10}O^5$ , puis en glycose,  $C^6H^{12}O^6$ . Elle est colorée en violet par l'iode. Elle dissout l'hydrate d'oxyde de cuivre sans le réduire par la chaleur. Elle dévie à droite la lumière polarisée.

**Glycose.** —  $C^6H^{12}O^6$ . Amorphe ou cristallisée; incolore, de saveur sucrée. Peu soluble dans l'eau; soluble dans l'alcool; insoluble dans l'éther. Avec la levûre de bière, elle subit la fermentation alcoolique et produit de l'alcool et de l'acide carbonique :  $C^6H^{12}O^6 = 2C^2H^4 + 2CO^2$ .

*Réactions principales* (le liquide à examiner doit être d'abord complètement débarrassé de substances albuminoïdes) :

1° *R. de Barreswill.* — Pour préparer la liqueur de Barreswill on dissout 34<sup>gr</sup>,65 de sulfate de cuivre dans 160 grammes d'eau, on dissout d'autre part 173 grammes de tartrate double de potasse et de soude dans 650 centimètres cubes d'une solution de soude de densité de 1,12; le mélange est versé dans un vase jaugé à un litre, et on ajoute de l'eau pour compléter le volume d'un litre. La glycose réduit à chaud la liqueur de Barreswill et donne un précipité rouge d'oxyde cuivreux; le précipité ne se produit que dans un milieu alcalin; la présence de matières colorantes entrave la réaction et nécessite quelquefois la décoloration préalable par le noir animal. On ne doit pas chauffer au delà de 70°.

2° *R. de Moore.* — Ajouter au liquide une solution de potasse ou de soude caustique, jusqu'à réaction fortement alcaline et chauffer jusqu'à ébullition; s'il contient de la glycose, le liquide se colore en jaune, puis en brun-rouge, puis en brun foncé ou en noir.

3° *Fermentation* avec la levûre de bière.

4° *Examen microscopique des cristaux* de glycose et de la combinaison de glycose et de chlorure de sodium (lames rhomboidales et pyramides cristallines à 4 et 6 pans).

5° *Examen au polarimètre ou au polaristrobomètre.*

**Graisses.** —  $C^{76,5}H^{11,9}O^{11,44}\%$ . Solides ou liquides à la température ordinaire; incolores, mais ordinairement colorées dans le corps humain par des matières colorantes (lutéine?) qu'elles dissolvent facilement; insipides; neutres; insolubles dans l'eau et l'alcool froid; solubles dans l'alcool bouillant, l'éther, le chloroforme, les huiles volatiles, les solutions d'albumine et de gélatine, les acides biliaires. Sans action sur la lumière polarisée. Elles sont décomposées par la















gule pas; elles ne sont précipitées ni par les acides, ni par les alcalis, mais elles sont précipitées par le bichlorure de mercure ou l'acétate de plomb, ou l'ammoniaque; le ferrocyanure de potassium précipite les solutions acétiques. Elles sont très-diffusibles. Elles dévient à gauche le plan de polarisation.

**Phénol.** —  $C^6H^6O$ . Cristaux prismatiques incolores, d'une odeur pénétrante caractéristique et d'une saveur brûlante, fusibles à  $+ 37^{\circ}.5$ ; bout à  $182^{\circ}$ ; peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther.

*R. de Landolt.* — Traiter 500 centimètres cubes du liquide à examiner (urine, par exemple) par l'eau bromée; il se fait un précipité floconneux blanc jaunâtre qui, recueilli et traité par l'amalgame de sodium, donne l'odeur caractéristique d'acide phénique.

*R. de Salkowski.* — Ajouter au liquide un quart d'ammoniaque, puis quelques gouttes de solution de chlorure de calcium (1 : 20), et chauffer doucement; le liquide prend une belle couleur bleue qui passe au rouge par l'acidification.

**Fibrine de Denis.** — Masse molle, blanche, amorphe, précipitée du plasma sanguin par l'addition de sel marin; se dédoublerait dans la coagulation en *fibrine concrète* ou fibrine ordinaire et *fibrine soluble* qui reste dissoute dans le plasma salé.

**Protazon.** — Substance neutre, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool bouillant et dans les graisses, insoluble dans l'éther. Chauffé avec l'eau de baryte, il donne, entre autres produits, de la glycose, de l'acide phosphoglycérique et un corps presque identique à la neurine, mais qui en diffère par  $H^2O$  en moins et a pour formule :  $C^8H^{13}AzO$  (Baeyer); ce corps reproduit la neurine par la simple action de l'eau sur ses sels (Wurtz). Pour Hoppe-Seyler, c'est un mélange de lécithine et de cérébrine; Baeyer le considère comme un glucoside.

**Protéine.** — Voir : *Albuminate basique*.

**Ptyaline.** — Voir : *Salive*.

**Pyine.** — Substance trouvée dans le pus et analogue à la mucine.

**Xarine.** — Voir : *Hypoxanthine*.

**Xarcoline.** —  $C^3H^7AzO^2$ . Homologue supérieur de la glyocolle ou méthylglyocolle. Se forme en traitant à chaud la créatine par l'eau de baryte (voir : *Créatine*). Cristallise en colonnes rhomboédriques incolores, très-solubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool, insolubles dans l'éther.

**Sérine de Denis.** — Voir : *Albumine du sérum*. La *sérine pure* de Denis est la substance fibrinoplastique. La sérine ne doit pas être confondue avec la *sérine de la soie*,  $C^3H^7AzO^2$ .

**Sfroline de Boudet.** — Mélange de cholestérine et de lécithine.

**Sérumcaséine.** — Voir : *Caséine*.

**Spermaline.** — Probablement identique à la mucine. Ses solutions ne précipitent pas par la chaleur; le précipité par l'acide acétique est soluble dans un excès de réactif. (Voir : *Liquide spermatique*.)

**Stéarine.**

graisses et  
rectanguli  
de fusion

**Stercorin****Sucres. —**

*Sucre mu*

**Sucre de****Sucre de****Sucre mu**

moins solu  
en solutio.

**Sucre de****Sulfocyan****Syntomim**

sa solutio  
lins est  
phosphate  
solution d  
2° la mèn  
le sulfate

**Taurine.**

dans l'eau  
l'éther, ac  
pite pas p

**Triméthyl**

soluble de

**Trioléine****Tripalmit****Tristéarin****Tyrosine.**

soyeuses,  
dans l'eau  
donnant l  
de potass  
amères, c  
acétique,

*R. de*  
d'acide s  
solution c  
chaux, fai

petit volume et on ajoute deux gouttes de solution neutre de chlorure de fer. S'il y a de la tyrosine, on a une coloration violette.

*R. d'Hoffmann.* — Mettre la substance dans un verre avec un peu d'eau; ajouter quelques gouttes d'une solution neutre d'azotate de





**Zoamyline.** — Voir : *Glycogène (matière)*.

**Bibliographie.** — DEXIS : *Nouvelles Études sur les substances albumineuses*, 1856. (Ses premiers travaux datent de 1838.) — E. EICHWALD JUN. : *Beiträge zur Chemie der gerebildenden Substanzen*, 1873. — W. PRÄYER : *Die Blutkristalle*, 1875.

## CHAPITRE DEUXIÈME

### GAZ DU CORPS HUMAIN.

Les gaz du corps humain consistent en oxygène, azote, acide carbonique, hydrogène, hydrogène carboné et hydrogène sulfuré. Ces gaz se présentent sous deux états, soit à l'état libre dans certaines cavités du corps (voies aériennes et voies digestives), soit à l'état de dissolution dans les liquides de l'organisme.

#### 1. — GAZ LIBRES.

L'*oxygène* se rencontre dans les voies pulmonaires et dans le tube intestinal. L'oxygène des poumons provient directement de l'air atmosphérique inspiré; celui du tube intestinal paraît provenir exclusivement de l'air ingéré avec les aliments et les boissons; il s'y trouve toujours en très-petite quantité.

L'*azote* existe dans les poumons et dans le tube digestif et, comme l'oxygène, provient de l'air atmosphérique inspiré et dégluti. Chevreul, chez un supplicié, a trouvé, pour 100 volumes de gaz, 71,45 volumes d'azote dans l'estomac; 20,8 — 8,85 — 66,60 dans l'intestin grêle; 67,50 dans le cœcum, 51,03 — 18,40 dans le côlon; 45,96 dans le rectum. Le gros intestin en contient ordinairement plus que l'intestin grêle, ce qui semble indiquer qu'une partie au moins de l'azote provient d'une autre source que l'air atmosphérique ingéré. E. Ruge l'a trouvé augmenté dans le gros intestin après l'alimentation par la viande.

L'*hydrogène* a été trouvé en très-petite quantité dans l'air expiré; mais il se rencontre surtout dans le tube intestinal. Chevreul donne les chiffres suivants: estomac, 3,55 p. 100; intestin grêle, 5,4 à 11,6; gros intestin, 7,5. Sa présence dans l'estomac n'a pu être constatée par d'autres chimistes. Sa proportion dans le gros intestin augmente par le régime lacté; elle est au minimum après l'ingestion de viande. Pettenkofer l'a trouvé dans les produits gazeux de la perspiration cutanée. L'hydrogène paraît être un produit de décomposition chimique et est dû probable-

ment à une fermentation butyrique du contenu de l'intestin ; de l'intestin, il passe dans le sang et de là dans les produits de la respiration et de la perspiration cutanée.

L'acide carbonique existe à l'état libre dans les poumons et dans le tube digestif. Voici les chiffres de Chevreul : estomac, 11 p. 100 ; intestin grêle, 24,39 — 40,00 — 25,00 ; gros intestin, 13,50 — 70,00 ; cœcum, 12,50 ; rectum, 42,86. Sa proportion augmente dans le gros intestin. Pour les poumons, il provient presque en totalité des décompositions chimiques qui se passent dans le sang et les tissus. Pour les cavités intestinales, il en vient aussi de cette source ; mais la plus grande quantité est due sans doute aux décompositions du contenu du tube intestinal. La proportion d'acide carbonique dans l'air normal est trop insignifiante pour qu'il y ait lieu d'en tenir compte.

L'hydrogène carboné se trouve dans le gros intestin, qui en contient 5,5 à 11,2 p. 100. Il augmente par l'ingestion de légumineuses et tombe au minimum par l'alimentation lactée. Il provient probablement de la décomposition des matières contenues dans l'intestin. Régnault en a constaté des traces dans l'air expiré.

L'hydrogène sulfuré se rencontre en faible quantité dans l'intestin, surtout par le régime animal (Planer). Il est dû probablement à la décomposition de matières contenant du soufre, substances albuminoïdes ou leurs dérivés sulfurés, produits sulfurés de la bile. Régnault en a trouvé aussi des traces dans l'air expiré ; mais il venait sans doute de la décomposition de parcelles alimentaires restées dans la cavité buccale.

## 2. — GAZ DISSOUS.

L'oxygène se montre à l'état de dissolution dans tous les liquides de l'organisme, presque sans exception ; mais, sauf dans le sang, il ne s'y montre qu'en proportions très-minimes. (Voir les tableaux ci-dessous.) Dans le sang même, l'oxygène se trouve sous deux états : 1° en combinaison lâche avec l'hémoglobine et probablement à l'état d'ozone (voir : *Hémoglobine* et *Sang*) ; 2° une très-petite portion se trouve en solution dans le plasma ; c'est cette portion seule de l'oxygène qui est soumise à la loi d'absorption des gaz de Dalton ; la capacité d'absorption du sérum pour l'oxygène est à peu près la même que celle de l'eau distillée. L'oxygène du sang provient de l'air atmosphérique.



mais sans jamais complètement disparaître sous l'influence de l'absorption d'oxygène.

L'acide carbonique du sang est un des produits ultimes des transformations (oxydations et dédoublements) qui se passent dans l'organisme (sang et tissus). Celui des autres liquides a la même origine. E. Pflüger a fait la remarque que les liquides acides sont en général plus riches en acide carbonique que les liquides neutres ou acides.

L'hydrogène n'a été rencontré que dans un liquide pathologique, le pus. On a signalé sa présence dans le sang veineux; il proviendrait, dans ce cas, de l'hydrogène de l'intestin, absorbé par le sang pour être éliminé par les poumons et par la peau.

Les deux tableaux suivants donnent les quantités de gaz contenues dans les principaux liquides, le premier par rapport à 100 centimètres cubes de liquide, le second par rapport à 100 centimètres cubes de gaz :

Ces analyses sont empruntées à Mathieu et Urbain (albumine, pus), E. Pflüger (lait, bile, salive, urine), Hammersten (lymphe), Planer (sérosité). Tous les chiffres, pour les rendre comparables, ont été réduits à 0° et à 0,76 de pression. Pour les chiffres des gaz du sang, voir *Sang*. Ces tableaux ne sont donnés que sous toutes réserves ; les analyses de ces différents liquides sont encore trop peu nombreuses pour qu'on puisse en tirer des conclusions positives.

**Bibliographie.** — FERNET : *Du Rôle des principes élémentaires du sang dans l'absorption ou le dégagement des gaz*, 1858. — PFLÜGER : *Die Kohlensäure des Blutes*, 1864. — MATHIEU et URBAIN : *Des Gaz du sang* (Arch. de Phys., 1871-1873).

## CHAPITRE TROISIÈME.

### LIQUIDES DU CORPS HUMAIN.

Le sang forme le premier et le plus important des liquides du corps humain ; au sang se rattachent la lymphe et le chyle, qui ne sont que des dérivés du sang, avec addition, la première, de principes provenant des tissus, le second, de principes absorbés dans la digestion. Un second groupe comprend les sérosités et transsudations, liquides exsudés à travers les parois des capillaires dans les cavités du corps et très-analogues comme composition au sérum du sang et de la lymphe. Les liquides qui viennent ensuite constituent les sécrétions et excrétions et on peut les classer, au point de vue de la chimie physiologique, en : 1° sécrétions où dominent les sels et les matières extractives : urine, sueur, larmes, bile ; 2° sécrétions où dominent les matières grasses : lait et matières sébacées et cérumineuses ; 3° sécrétions albumineuses, très-riches en matières albuminoïdes : mucus, sperme, synovie ; 4° sécrétions contenant des substances albuminoïdes particulières ou ferments solubles ; ce groupe comprend les sécrétions dites digestives : salive, suc gastrique, suc pancréatique, suc entérique.

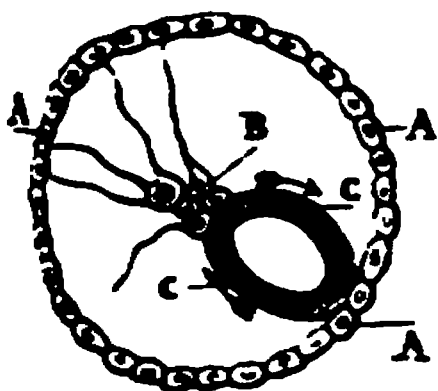
L'étude de ces divers liquides ne sera faite ici qu'au point de vue de la composition et des caractères chimiques ; tout ce qui concerne le mécanisme des sécrétions et leur rôle physiologique sera renvoyé soit au chapitre des sécrétions, soit à celui de la

digestion ou des autres fonctions spéciales. L'étude du sang, au contraire, sera faite immédiatement d'une façon complète, à cause de son importance physiologique et de son intervention pour ainsi dire continuelle dans tous les actes vitaux de l'organisme.

## ARTICLE PREMIER. — SANG, LYMPHE ET CHYLE.

Le sang n'est pas seulement un liquide : il contient des éléments anatomiques, des globules, et peut, à ce point de vue, être considéré comme un tissu dont la substance intercellulaire serait à l'état liquide.

Le sang est contenu dans des conduits ou vaisseaux qui forment un système continu, un circuit, de façon qu'une molécule sanguine prise en un point du système vasculaire, revient à ce point après avoir accompli son trajet comme dans un canal circulaire (fig. 11). Sans entrer ici dans des détails qui seront don-



nés plus tard, l'appareil circulatoire est constitué par plusieurs ordres de canaux, et le sang doit traverser dans son trajet circulaire deux systèmes de vaisseaux capillaires, les capillaires du poumon et les capillaires des autres organes (capillaires généraux).

Si, dans le schéma de la figure 12, nous voyons que, partant, par exemple, des capillaires généraux (4), il passe dans les veines (5), arrive au cœur droit (6, 7) et est conduit par l'artère pulmonaire (8) aux capillaires des poumons (9); de là il passe dans les veines pulmonaires (10), le cœur gauche (1, 2) et l'aorte (3) par les branches de laquelle il revient à son point de départ.

Dans les capillaires, sous des causes qui seront étudiées plus loin, une partie du liquide sanguin transsude à travers les parois de ces canaux, et le sang se divise là en deux courants : 1° un courant direct qui passe par les veines et reste dans le circuit

Fig. 11. — AA, globules épitéliques. — B, globules nerveux. — C, circuit vasculaire.







Le sang est constitué par les parties suivantes :

- |                                |   |          |
|--------------------------------|---|----------|
| 1° Parties solides ou globules | $\left\{ \begin{array}{l} \text{globules rouges. . . . .} \\ \text{globules blancs . . . . .} \end{array} \right\}$ | caillot; |
| 2° Partie liquide ou plasma    |   |          |
| 3° Gaz du sang.                |   |          |

### 1. — GLOBULES.

#### 1° Globules rouges.

**Numération des globules rouges.** — 1° *Procédé de Vierordt.* — On étend une petite quantité de sang d'un volume déterminé d'eau sucrée; on fait passer une petite quantité de ce mélange dans un tube capillaire dont on connaît exactement le calibre; on mesure sous le microscope la longueur de la colonne sanguine, ce qui donne le volume du sang; on étend ce sang sur un verre porte-objet dans une solution de gomme qui en séchant conserve les globules, et on n'a plus qu'à les compter à l'aide d'un micromètre quadrillé. — 2° *Procédé de Malassez.* — On fait d'abord un mélange parfaitement titré de sang et de sérum artificiel, soit dans une éprouvette, soit avec le *mélangeur-Potain*. Le sérum artificiel se compose de 1 volume d'une solution de gomme arabique, de densité de 1,020 au pèse-urine, et de 3 volumes d'une solution à parties égales de sulfate de sodium et de chlorure de sodium de même densité. — Le *mélangeur-Potain* représente une sorte de pipette à tube capillaire; dans l'ampoule de la pipette se trouve à l'état de liberté une petite boule de verre; un tube de caoutchouc s'adapte à la partie de la pipette supérieure à l'ampoule; l'autre extrémité du tube est graduée et effilée en pointe et a, entre les deux traits extrêmes de la graduation, une capacité de 1 centième de la capacité totale de l'ampoule. Pour faire un mélange au 1/100<sup>e</sup>, on aspire par le tube en caoutchouc une colonne de sang égale à la longueur de la partie graduée et on aspire ensuite du sérum artificiel de façon à remplir l'ampoule; on agite le tout, et la petite boule contenue dans l'ampoule mélange entièrement le sang et le sérum. Ce mélange est alors introduit dans un tube fin en verre (capillaire artificiel), calibré et cubé, qu'on place sous le microscope et dont on compte les globules sur un micromètre quadrillé. (Arch. de Phys., 1874.)

Les *globules rouges*, ou *hématies* (fig. 13, page 85), sont de petits corpuscules de 0<sup>mm</sup>,007 de diamètre sur 0<sup>mm</sup>,0019 d'é-

paisseur; ils ont la forme d'une lentille biconcave, de façon que, vus de face, ils représentent un disque circulaire avec une dé-

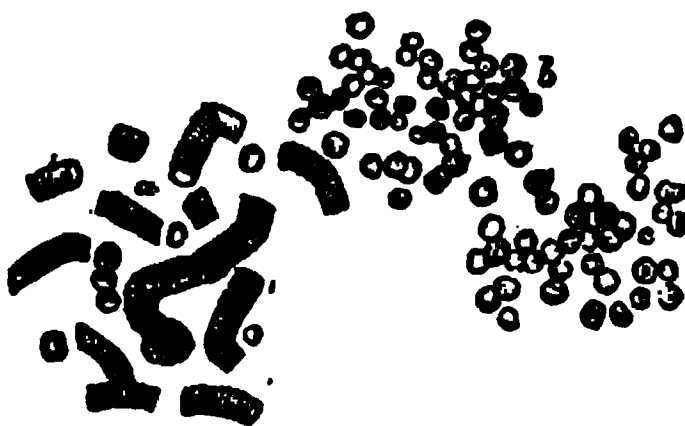


Fig. 13. — Globules du sang. (Voir page 84.)

pression centrale, et de profil un bâtonnet un peu renflé à ses deux extrémités. Leur couleur est jaunâtre clair, et ce n'est qu'en grande masse qu'ils ont une coloration rouge. Ils sont très-mous, élastiques et, après avoir été comprimés ou étirés, reprennent immédiatement leur forme primitive; cette élasticité leur permet de se modifier suivant les obstacles qu'ils rencontrent et de traverser des capillaires plus fins que leur diamètre. Une particularité singulière encore mal expliquée est la propriété qu'ils ont de s'empiler les uns à côté des autres comme des piles de monnaie (fig. 13, a).

Leur volume, de 0,000,000,68 de millimètre cube (Welcker), a une assez grande fixité pour une même espèce animale. Leur nombre est considérable; Vierordt l'évalue à 5 millions par millimètre cube; Hoppe-Seyler a trouvé par son procédé 326 parties de globules pour 1,000 parties en poids de sang de cheval. D'après Welcker, la totalité des globules rouges contenus dans le sang représente une surface de 2,816 mètres carrés (surface oxydable du sang). Leur densité, 1,105, est plus considérable que celle du plasma; aussi, si on laisse le sang reposer en retardant la coagulation de la fibrine, tombent-ils au fond de l'éprouvette.

Les globules sont constitués par une masse demi-solide, homogène, dépourvue de membrane d'enveloppe et de noyau; ce dernier se rencontre cependant dans la vie embryonnaire et chez les vertébrés inférieurs. L'existence d'une membrane d'enveloppe a été longtemps admise et l'est encore aujourd'hui par quelques

Fig. 13 — a, globules empilés en colonnes. — b, c, globules vus de face.

histologistes. Brücke distingue dans le globule une masse poreuse, sorte de charpente molle, transparente, ou l'*oïkoïde*, et une substance vivante, contractile, colorée, le *zooïde*. Bechamp et Estor les considèrent comme des agrégations de microzymas (voir : *Fermentations*). Les globules rouges sont circulaires chez tous les mammifères, sauf les caméliens; ils sont elliptiques chez les caméliens, les oiseaux, les amphibies (fig. 14), les reptiles et la plupart des poissons; ils sont circulaires chez les cyclostomes. Leur grandeur est très-variable pour les différentes espèces; les plus considérables se rencontrent chez les amphibies; ceux du protée ont  $\frac{1}{11}$  de millimètre.

**Composition du globule sanguin.** — *Fig. 14. — Globules du sang de grenouille.*  
Le globule sanguin se compose de deux parties, le *stroma*, ou masse globulaire, et la matière colorante ou hémoglobine.

**Procédés de séparation du stroma et de la matière colorante.** — 1° *Isolément du stroma.* — Pour isoler le stroma de la matière colorante, on peut employer divers procédés; la réfrigération, l'électricité font passer dans le plasma la matière colorante des globules. Si on laisse tomber goutte à goutte du sang défibriné (surtout de cabiai) dans une capsule placée dans un mélange réfrigérant et qu'on chauffe ensuite rapidement à  $+20^{\circ}$ , le sérum se colore et les globules restent à peu près incolores (Rollet). — 2° *Extraction de l'hémoglobine. Procédé de Preyer.* On prend du sang de cheval ou de chien qu'on laisse se coaguler; on décante le sérum; on lave le caillot à l'eau glacée et on le fait congeler; on le triture sur un filtre avec de l'eau glacée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne précipite plus que faiblement par le bichlorure de mercure; puis on dissout le globule dans l'eau tiède ( $10^{\circ}$ ). Le liquide filtré est recueilli, additionné d'une quantité convenable d'alcool et abandonné dans un mélange réfrigérant; il se dépose des cristaux qu'on lave avec de l'eau glacée alcoolisée et qu'on purifie par une recristallisation. (Pour les détails et pour les autres procédés de préparation, voir les *Traité de chimie spéciale* et surtout le *Manuel de chimie pratique* de E. Ritter, et le mémoire de W. Preyer : *Die Blutkrystalle*.)

Le *stroma* globulaire (globuline de Denis), obtenu par le procédé de Rollet, a conservé la forme et la plupart des propriétés des globules rouges; mais les globules ainsi décolorés sont de-







sont très-petits et réduits à un noyau entouré d'une mince couche de protoplasma; on trouve, du reste, toutes les formes de transition jusqu'aux globules parfaits. On rencontre en outre dans le sang des amas irréguliers provenant de l'agglomération de plusieurs globules et des granulations qui ressemblent beaucoup aux *micrococcus* et qui viennent de la dissociation des globules blancs, granulations élémentaires de Zimmermann. (L. Riess.)

Les globules blancs offrent, d'une façon très-nette, le phénomène des mouvements dits *amœboïdes* parce qu'ils ressemblent à ceux des amibes (voir : *Protoplasma*); ces mouvements sont plus prononcés si on chauffe la préparation à la température du corps.

C'est probablement grâce à ces mouvements qu'ils peuvent traverser les pores des membranes organiques; ainsi Lortet appliqua la membrane de la chambre à air d'un œuf de poule, dépouillé à ce niveau de sa coquille, sur une plaie en suppuration, et trouva, au bout de quelques heures, les globules blancs du pus (identiques à ceux du sang) à la face interne de la membrane.

Un caractère essentiel de ces globules, c'est leur ubiquité; ils ne sont pas exclusifs au sang, comme les globules rouges; on les trouve partout ou à peu près partout, spécialement dans les tissus connectifs, des éléments absolument semblables.

Le mode de formation et la durée des globules blancs sont presque inconnus; tout ce qu'on sait, c'est que les glandes lymphatiques et les organes lymphoïdes (rate, thymus, etc.) sont les lieux principaux de leur production.

## 2. — PLASMA.

Le plasma sanguin, obtenu comme on l'a indiqué plus haut en ralentissant la coagulation du sang, est un liquide incolore ou ambré, alcalin, d'une densité de 1,027; au bout de peu de temps, il se prend en une gelée transparente qui se rétracte peu à peu en expulsant le sérum dans lequel nage le caillot de fibrine.

### 1° *Fibrine*.

**Prép.** — Pour obtenir la fibrine, on bat le sang, immédiatement après son



sépare sous forme de filaments qui restent adhérents aux bécines et qu'on lave dans l'eau distillée.

La fibrine ainsi obtenue par le battage du sang, est blanche, opaque, filamenteuse, très-élastique, insoluble dans l'eau; elle décompose l'eau oxygénée. Les recherches de Denis et d'A. Schmidt ont prouvé que la fibrine ne préexiste pas toute formée dans le sang. D'après Denis, il existerait dans le sang une substance, la *plasmine*, qui peut en être précipitée par un excès de sel marin: ce précipité, redissous dans l'eau, se coagule spontanément au bout de quelque temps en se dédoublant en une substance concrète qui forme le caillot, c'est la fibrine ordinaire, et en une substance albuminoïde qui reste en solution dans le plasma, grâce au sel marin, c'est la *fibrine soluble*.

Pour A. Schmidt, la fibrine résulterait de l'action de la paraglobuline (qui provient des globules rouges) sur la substance fibrinogène du sérum; seulement, d'après de nouvelles recherches, cette action de la paraglobuline sur la fibrinogène ne se produirait qu'en présence d'un ferment qu'il aurait isolé du sang. L'existence de ce ferment n'est rien moins que certaine.

En se coagulant, le plasma devient plus alcalin (voir: *Coagulation du sang*).

## 2° Sérum.

Le sérum est chez l'homme un liquide transparent, jaune verdâtre, plus alcalin que le plasma. Après une riche alimentation, il présente un aspect laiteux dû à des globules de graisse. Sa densité varie de 1,026 à 1,029.

Le sérum contient environ 90 p. 100 d'eau, 8 p. 100 d'albuminoïdes et près de 1 p. 100 de sels; les substances albuminoïdes consistent en: albumine du sérum (qui en forme la plus grande partie), une petite quantité d'albuminate de soude (caséine du sérum), et un excès de paraglobuline qui reste après la coagulation du plasma. Les graisses, sauf dans le sérum laiteux, sont en très-petite proportion (0,2 p. 100; 0,4 à 0,6 pendant la digestion) et consistent en stéarine, palmitine et oléine. Les substances azotées comprennent la créatine, la créatinine, l'urée (0<sup>gr</sup>,142 à 0<sup>gr</sup>,177 p. 1,000), l'acide urique, l'acide hippurique (?), et quelques principes encore peu certains et dont on n'a trouvé que des traces, xanthine, hy-

poxanthine, lécithine, triméthylaminé, ammoniacque. Le sucre, à l'état de glycose, s'y trouve partout en petite quantité, sauf dans les racines et le tronc de la veine porte (voir : *Glycogénie*). On y a signalé la présence d'acides gras volatils et non volatils, acétique, lactique, formique, butyrique, caproïque, acide sulfocyanhydrique (Leared); d'après H. Ford, il contiendrait des traces d'alcool provenant de la fermentation de la glycose.

Les sels du sérum sont constitués par la soude, la potasse, la chaux, la magnésie, comme bases, et par des chlorures, des sulfates, des phosphates et des carbonates; il y a prédominance de la soude et des chlorures.

La réaction alcaline du sang provient du bicarbonate de soude et du phosphate tribasique de soude dissous dans le plasma.

### 3. — GAZ DU SANG.

**Extraction des gaz du sang.**— Cette extraction peut se faire par plusieurs procédés. Les plus usités sont: l'extraction par le vide, et l'extraction par déplacement gazeux.

A. *Extraction des gaz du sang par le vide.* Ce procédé, employé d'abord par Magnus, puis par Lothar Meyer, utilise le vide barométrique. Mais les résultats étaient peu précis, à cause de l'insuffisance des instruments, et ce ne fut que lorsque Ludwig et ses élèves, Sestchenow, et surtout Pflüger, eurent perfectionné les appareils, que ce procédé fut employé journellement dans les laboratoires. La figure 16 représente l'appareil construit par Alvergniat.

L'appareil (*fig. 16*, page 93) se compose d'un tube fixe, *tube barométrique*, dont la hauteur dépasse la hauteur barométrique; ce tube porte à sa partie supérieure une ampoule, *ampoule barométrique*, et se divise au-dessus de cette ampoule en deux branches, une branche verticale effilée, qui sert au dégagement des gaz et communique avec une cuvette qu'on remplit de mercure; une branche horizontale à laquelle s'adapte, par un caoutchouc à parois épaisses, le tube dans lequel se place le liquide dont on veut extraire les gaz, ou *tube extracteur*. L'extrémité inférieure du tube barométrique fixe communique par un caoutchouc à parois épaisses avec un réservoir à mercure d'une capacité supérieure à celle du reste de l'appareil et qui peut monter ou descendre le long d'une coulisse par le jeu d'une manivelle. Un robinet à trois voies est placé à la jonction du tube barométrique fixe avec ses deux branches; dans la position 1 (*fig. 16*, page 93), il communique par sa branche verticale effilée avec la cuvette supérieure; dans la position 3,



barométrique; on place le robinet en position 3 et une partie de l'air du tube extracteur passe dans l'ampoule barométrique; on met le robinet en position 1 et on élève le réservoir à mercure; l'air s'échappe par le tube de dégagement à mesure que le mercure monte dans le tube barométrique; on replace le robinet dans la position 2 et on répète l'opération jusqu'à ce qu'il ne sorte plus de bulles d'air par le tube de dégagement (huit à dix fois environ); on a alors le vide dans le tube extracteur. Pour avoir le vide plus parfait, Gréhant remplit préalablement le tube extracteur d'eau distillée bouillie qu'on expulse par la même série de manipulations.

2° *Introduction du sang dans le tube extracteur.* — Pour introduire le sang dans le tube extracteur, il faut certaines précautions pour éviter le contact de l'air. On peut mettre directement le vaisseau de l'animal en communication avec un tube relié par un robinet avec le tube extracteur (*fig. 16*, page 93). On peut se servir aussi d'une pipette, ou mieux d'une seringue graduée (*fig. 17*, page 95), avec laquelle on aspire le sang, et on rattache par un tube de caoutchouc rempli de mercure le bout de la pipette ou de la seringue avec le tube de dégagement; on place alors le robinet à trois voies dans la position 1 et on abaisse le réservoir mobile pour faire pénétrer une certaine quantité de sang dans l'ampoule barométrique; on fait alors passer ce sang facilement dans le tube extracteur en mettant le robinet dans la position 3 et élevant le réservoir mobile. L'appareil de Mathieu et Urbain évite une partie des difficultés de cette introduction du sang à l'abri de l'air.

3° *Extraction des gaz du sang.* — On fait le vide par le procédé déjà décrit, et à chaque fois on fait passer les gaz extraits dans une éprouvette graduée placée au-dessus du tube de dégagement. On répète la manipulation jusqu'à ce que le sang ne fournisse plus de gaz. Pour que la mousse due à la viscosité du sang n'aille pas jusqu'à la branche horizontale, on donne au tube extracteur une certaine longueur et on lui adapte un manchon réfrigérant dans lequel coule un courant d'eau froide.

Pour achever de dégager les gaz, on chauffe la partie inférieure du tube extracteur dans de l'eau à  $+ 40^{\circ}$  (*fig. 16*, page 93). Enfin, pour extraire l'acide carbonique uni aux alcalis, on ajoute une petite quantité d'une solution bouillie d'acide tartrique et on répète l'opération.

4° *Analyse des gaz.* — L'analyse des gaz recueillis dans l'éprouvette se fait par les méthodes ordinaires usitées en chimie; l'oxygène est absorbé par l'acide pyrogallique ou le phosphore; l'acide carbonique par la potasse; l'azote est dosé par différence.

B. *Extraction de l'oxygène du sang par déplacement; procédé de Cl. Bernard.* — On introduit dans une éprouvette graduée 20 centimètres cubes de sang; on y fait arriver de l'oxyde de carbone et on agite; au bout de 24 heures, l'oxyde de carbone a déplacé tout l'oxygène; on fait ensuite l'analyse des gaz; l'oxygène est absorbé par



sérum sanguin. Cependant quand le sang est très-riche en oxygène, il contient plus d'azote qu'il n'en contiendrait d'après son coefficient d'absorption par l'eau.

#### 4. — DU SANG CONSIDÉRÉ DANS SON ENSEMBLE.

##### 1° *Caractères organoleptiques.*

**Couleur du sang.** — Le sang artériel est rouge vermeil, monochromatique; le sang veineux, sauf quelques exceptions, est dichroïque, rouge foncé en couches épaisses, vert en couches minces. Ces différences de coloration tiennent à l'état même de l'hémoglobine, le sang artériel contenant de l'oxyhémoglobine rouge clair, transparente, le sang veineux contenant une certaine quantité d'hémoglobine réduite. L'oxyde de carbone donne de même à l'hémoglobine et par suite au sang une couleur rutilante.

Les variations de couleur du sang dépendent de deux causes principales: 1° de l'état de l'hémoglobine et des altérations qu'elle subit; 2° de l'état des globules et surtout de leur différence de réfraction d'avec le pouvoir réfringent du plasma; tout ce qui augmente la différence de réfringence des globules et du plasma rend le sang moins transparent, mais le fait paraître moins foncé à la lumière réfléchie; c'est ainsi qu'agissent les solutions salines qui enlèvent l'eau des globules en les rendant plus réfringents. Tout ce qui diminue la différence de réfraction des globules et du plasma a un effet inverse; ainsi l'addition d'eau rend le sang plus foncé et plus transparent.

Le sang veineux n'a pas toujours une coloration foncée. Le sang veineux des glandes en activité, celui des veines rénales, par exemple, est rouge (Cl. Bernard). Chez les animaux refroidis artificiellement, le sang des veines ressemble au sang artériel; le sang des animaux hibernants est plus rouge, quoique la respiration soit ralentie. Le sang artériel peut devenir foncé dans certaines conditions; si on comprime la trachée sur un animal, le sang devient noir presque immédiatement (Bichat); le même phénomène se produit quand on comprime le larynx en mettant une canule dans la trachée pour maintenir la respiration.

**Odeur du sang.** — L'odeur du sang, *halitus sanguinis*, est



du sang hâte sa coagulation; 2° une température modérée favorise la coagulation.

La coagulation est *retardée* par : 1° l'absence d'oxygène; 2° une température au-dessous de 0°, ou au-dessus de 50°; 3° la saturation du sang par l'acide carbonique; 4° l'addition d'une faible quantité d'alcali et d'acide, ou de certains sels, carbonate de sodium et de potassium, sulfate de sodium, azotate de potassium, chlorure de sodium et de potassium, etc. L'addition de 10 à 20 fois son volume de glycérine empêche la coagulation du sang. (Grunhagen.)

Si l'on connaît assez bien aujourd'hui les conditions de la coagulation, on sait moins pourquoi le sang reste liquide dans les vaisseaux pendant la vie. La paroi des vaisseaux vivants paraît avoir un rôle important dans ce phénomène; en effet, des corps inertes (morceaux de caoutchouc), introduits dans le sang en circulation, se recouvrent d'une couche de fibrine, et on a constaté sur des cœurs de tortue que le sang reste liquide dans ses cavités tant que le cœur bat. D'un autre côté, une expérience curieuse semble indiquer que cette même paroi des vaisseaux fournit une des deux substances qui engendrent la fibrine, la substance fibrinogène; si dans un cœur de tortue, battant encore, on injecte du sang *défibriné*, ce sang, retiré du cœur, se coagule spontanément (Magendie, Brown-Séquard). Dans ce cas, la paraglobuline proviendrait des globules, la substance fibrinogène des parois vasculaires. Mais alors, pourquoi, dans le sang en circulation, ces deux corps n'agissent-ils pas l'un sur l'autre? On a fait là-dessus plusieurs hypothèses :

1° L'ozone détruirait la paraglobuline à mesure qu'elle paraît dans le sérum et sans lui donner le temps d'agir sur la substance fibrinogène formée par les vaisseaux; le sang, une fois sorti des vaisseaux, l'ozone redevient oxygène ordinaire et la paraglobuline inaltérée convertit alors la substance fibrinogène en fibrine. Cette théorie n'explique pas les dépôts de fibrine sur les corps inertes.

2° Il existerait dans le sang une petite quantité d'ammoniaque qui tiendrait la fibrine en dissolution; cette ammoniaque se dégagerait à l'air, d'où coagulation de la fibrine (Richardson). L'objection précédente s'applique à cette explication, sans compter que si la présence de l'ammoniaque dans le sang n'est plus problématique, sa quantité est infinitésimale.





### 3° *Quantité de sang du corps.*

**Procédés d'évaluation.** — 1° *Méthode des saignées avec injection d'eau distillée.* — On pèse un animal; on le décapite ou on le saigne; on le pèse de nouveau; la perte de poids donne le poids du sang écoulé; on détermine la quantité de principes fixes pour 100 contenus dans ce sang. On injecte alors de l'eau distillée dans les vaisseaux; on détermine la quantité de principes fixes que cette eau ramène, et on en déduit le poids du sang resté dans les tissus. On a ainsi le poids total du sang de l'animal. Ce procédé, appliqué chez l'homme par Weber dans un cas de décapitation, donne un chiffre trop fort, l'eau injectée ramenant des principes fixes provenant des tissus. — 2° *Méthode des mélanges.* — On fait une saignée à un animal et on recherche la quantité de principes fixes pour 100. On injecte dans les veines une quantité donnée d'eau distillée qui diminue la proportion relative de principes fixes; on fait alors une deuxième saignée, et la diminution de proportion (pour 100) des principes fixes fait connaître la quantité de sang (Valentin). Cette méthode donne aussi un chiffre trop fort. — 3° *Méthode colorimétrique de Welcker.* — On fait une saignée à un animal, puis on le tue; on recueille tout le sang qui s'écoule et on fait passer dans les vaisseaux un courant d'eau distillée jusqu'à ce que cette eau revienne incolore; on mélange cette eau distillée au sang recueilli après la mort de l'animal; on a ainsi un mélange  $M_1$  d'une certaine coloration; on ajoute alors à la première saignée une quantité d'eau distillée suffisante pour donner au mélange  $M_2$  la coloration de  $M_1$ . On connaît donc : 1° la quantité d'eau distillée ajoutée à la première saignée; 2° la quantité de sang de la première saignée; 3° la quantité d'eau injectée dans les veines; il est facile, par une simple proportion, d'en tirer la quatrième quantité inconnue, c'est-à-dire la quantité totale du sang, moins la première saignée, et l'addition de ces deux chiffres donne la quantité totale du sang. Ce procédé donne les résultats les plus exacts. Il peut être appliqué à l'évaluation de la quantité de sang des différents organes. — On a encore apprécié la quantité de sang du corps en dosant la quantité d'hématine. (W. Broussé.)

Chez l'homme, la quantité de sang du corps peut être évaluée à environ  $\frac{1}{10}$  du poids du corps, c'est-à-dire à un peu moins de 5 kilogrammes.

### 4° *Analyse du sang.*

**Procédé d'analyse du sang.** — L'analyse du sang comporte les opérations successives suivantes :

1° On pèse le sang en totalité;

2° On extrait la fibrine du sang par le battage; on la pèse après l'avoir lavée, desséchée, bouillie avec l'alcool et l'éther, et desséchée de nouveau;

3° On dose la quantité d'eau en faisant évaporer un poids donné de sang et pesant le résidu;

4° L'incinération de ce résidu donne le poids des matières inorganiques;

5° On reprend ce résidu par l'eau pour séparer les sels solubles des sels insolubles, et on les isole par les procédés ordinaires de l'analyse chimique;

6° Pour doser l'albumine, on ajoute au sérum (20 ou 30 centimètres cubes) quelques gouttes d'acide acétique et on évapore; le résidu est épuisé par l'alcool et par l'eau bouillante et pesé, puis incinéré et pesé de nouveau; la différence des deux poids donne le poids de l'albumine;

7° Les graisses, la cholestérine, la lécithine, sont dosées en évaporant les solutions alcooliques précédentes et en épuisant le résidu par l'éther;

8° Les matières extractives sont dosées en évaporant l'eau et l'alcool de lavage (n° 6). L'évaporation fournit le poids des sels solubles dans l'eau et dans l'alcool, et des matières extractives; l'incinération du résidu donne le poids des sels minéraux; la différence des deux poids représente le poids des matières extractives. Pour le dosage de chacun de ces principes en particulier, voir les traités spéciaux;

9° Dosage des globules physiologiques (globules humides): — a) *Procédé d'Hoppe-Seyler*. On prend une quantité connue de plasma P et on en détermine la fibrine F; on prend, d'autre part, une quantité connue de sang, plasma et globules, Q, et on en détermine la fibrine F'. La quantité de plasma P' contenu dans Q sera donc égale à  $\frac{P \times F'}{F}$  et il suffira

de retrancher cette quantité P' de Q pour avoir la quantité de globules. Ce procédé ne peut être employé que sur des sangs se coagulant très-lentement, comme celui de cheval. — b) *Procédé de Bouchard*. On laisse coaguler un poids donné de sang dans une capsule, on décante et on détermine le poids d'albumine, de sel et d'eau. Le caillot sert à doser la fibrine (en enlevant les globules par la malaxation avec une solution de sulfate de soude saturée d'oxygène). On recueille le même volume de sang dans un poids p d'une solution de sucre de canne marquant 1.026 au densimètre, et on le laisse coaguler; on décante et on détermine la proportion d'albumine. Un gramme de sérum normal contient un poids P d'albumine; un gramme de sérum sucré en contient un poids P'. Soit x la quantité inconnue de sérum, il contiendra la quantité d'albumine Px. Le sérum sucré pèse x + p; il contiendra la quantité

d'albumine,  $P'(x + p)$ . La proportion d'albumine étant la même dans les deux sangs, on aura :

$$Px = P'(x + p), \quad \text{d'où : } x = \frac{pP'}{P - P'}.$$

On a ainsi le poids du sérum; on connaît le poids de la fibrine; la différence entre le poids du sang et la somme des poids du sérum et de la fibrine donne le poids des globules. En divisant ce poids par 4, on a le poids des globules secs.

10° Dosage de l'hémoglobine : — a) *D. par la quantité de fer*. 100 grammes d'hémoglobine contiennent environ 0<sup>gr</sup>,42 de fer; en dosant le fer on aurait la quantité d'hémoglobine; ce procédé est peu exact. — b) *D. colorimétrique d'Hoppe-Seyler*. On fait une solution étendue titrée d'hémoglobine, cristallisée dans l'eau, et on en remplit une *cuve hématinométrique* <sup>(1)</sup>; puis on prend 20 grammes de sang défibriné qu'on étend à 400 centimètres cubes, et on le met à côté dans une deuxième cuve hématinométrique; on ajoute alors au sang étendu de l'eau distillée jusqu'à ce que la teinte du sang soit identique à celle de la solution titrée de la première cuve. Un centimètre cube de sang étendu contiendra la même quantité d'hémoglobine que 1 centimètre cube de la solution titrée; on connaît la quantité d'eau distillée ajoutée au sang; une simple proportion donnera la quantité d'hémoglobine contenue dans 1 centimètre cube de sang pur. — c) *D. spectroscopique de Preyer*. On détermine, une fois pour toutes, avec une solution titrée d'hémoglobine, la proportion d'hémoglobine nécessaire pour que la teinte verte apparaisse dans la région de la raie *b* du spectre. Soit *k* cette quantité, pour 100 centimètres cubes de solution. On défibrine le sang et on l'agite avec l'air; on en mesure 1/2 centimètre cube auquel on ajoute de suite son volume d'eau pour dissoudre les globules; on place le sang dans une cuve hématinométrique, sous la même épaisseur que la solution-type, et on ajoute de l'eau distillée jusqu'à ce que la teinte verte apparaisse. Soit *p* le poids d'eau distillée ajouté, le poids de l'hémoglobine pour 100 centimètres cubes sera  $= k(1 + 2p)$ . On ne doit jamais faire varier l'écartement de la fente du spectroscope, l'intensité de la source lumineuse, l'épaisseur de la cuve et sa distance au spectroscope. — d) *D. par la quantité d'oxygène*. Quinquand a proposé de doser l'hémoglobine en dosant l'oxygène que le sang abandonne après avoir été agité à l'air; il admet, ce qui n'est pas démontré, que le sang fixe toujours une quantité d'oxygène proportionnelle à la quantité d'hémoglobine qu'il contient.

---

(<sup>1</sup>) C'est une petite cuve de verre à lames planes et parallèles, très-commode pour comparer les différences de coloration des liquides.

Le tableau suivant, emprunté à C. Schmidt, donne la composition du sang d'un homme de 25 ans pour 1,000 parties :

	POUR 1,000 PARTIES.		
	Sang total.	Plasma.	Globules.
Eau . . . . .	788,71	901,51	681,63
Matières solides . . . . .	211,29	98,49	318,37
<hr/>			
Matières albuminoïdes et extractives . . .	192,10	81,92	296,07
Fibrine . . . . .	3,93	8,06	—
Hématine (ferrugineuse) . . . . .	7,38	—	15,02
<hr/>			
Sels . . . . .	7,88	8,51	7,28
<hr/>			
Chlorure de sodium . . . . .	2,701	5,546	—
Chlorure de potassium . . . . .	2,062	0,359	3,679
Sulfate de potassium . . . . .	0,205	0,281	0,132
Phosphate de sodium . . . . .	0,457	0,271	0,633
Phosphate de potassium . . . . .	1,202	—	2,343
Phosphate de calcium . . . . .	0,193	0,298	0,094
Phosphate de magnésium . . . . .	0,137	0,218	0,060
Sonde . . . . .	0,921	1,532	0,341

### 5° Variations du sang.

**Différences du sang artériel et du sang veineux.** — Le sang artériel présente partout une composition uniforme (1); le sang veineux, au contraire, diffère suivant les organes dont il revient. Cependant cette composition est assez uniforme dans les grosses veines pour qu'on puisse étudier d'une façon générale les propriétés du sang veineux, comparativement à celles du sang artériel. Les différences principales portent sur trois points : la couleur, la coagulation et la proportion des gaz. Le *sang artériel* est rouge vermeil, monochroïque; il se coagule plus facilement; il contient plus d'oxygène et un peu moins d'acide carbo-

(1) Estor et Saint-Pierre ont trouvé que la quantité d'oxygène diminue dans le sang artériel à mesure qu'on s'éloigne du cœur; mais le fait n'a pas été confirmé par les autres observateurs. Mathieu et Urbain ont constaté, il est vrai, une moindre quantité d'oxygène dans les petites artères, mais sans égard à leur distance du cœur; ils attribuent cette diminution d'oxygène à une cause mécanique; il y aurait moins de globules rouges dans le sang des petites artères que dans le sang des grosses.

nique. Le *sang veineux* est rouge foncé, dichroïque; il se coagule moins vite; il contient plus d'acide carbonique et moins d'oxygène.

Le tableau suivant résume les caractères des deux sangs :

	Sang artériel.	Sang veineux.
Couleur . . . . .	Rouge vermeil; monochroïque.	Rouge foncé; dichroïque.
Coagulation . . . . .	Plus rapide.	Moins rapide.
Gaz. {	Acide carboniq. 50 %.	60 %.
	Oxygène . . . . 20 %.	10 %.
	Azote . . . . . 2 %.	2 %.
Quantité de globules. .	Plus faible.	Plus grande.
Quantité d'eau. . . . .	Plus forte.	Moins forte.
Quantité de fibrine. . .	Plus forte.	Moins forte.
Quantité de graisse. . .	Moins forte.	Plus forte.
Quantité de sels . . . .	Plus forte.	Moins forte.

**Sang des différentes veines.** — a) Le sang de la *veine jugulaire* contient plus de cholestérine que le sang de la *carotide* (jugulaire, 1,545; carotide, 0,967, par kilogramme de sang; Flint). — b) Le sang de la *veine splénique* contient moins de globules rouges (J. Béclard); les globules sont souvent dentelés, plus clairs, et renferment quelquefois de petits cristaux en forme de bâtonnets; ces cristaux sont souvent libres dans le sang (Gray); le sang de la veine splénique cristallise du reste facilement. Les globules blancs sont plus nombreux (1 pour 70 rouges) et cette proportion peut augmenter jusqu'à 1/4 de globules blancs; on y trouve aussi des cellules à pigment. La fibrine serait diminuée, suivant Lehmann; augmentée, suivant Gray et Funke. Ce sang serait très-riche en cholestérine (Funke, Marcet). — c) Le sang de la *veine porte* se coagule plus vite que le sang du cœur droit; le caillot est plus diffluent; il contient moins de fibrine, et cette fibrine, abandonnée à l'air, se liquéfierait au bout de douze heures (J. Béclard). Il renferme plus d'eau, de graisse, de sels et d'hématine que le sang de la veine jugulaire et des veines hépatiques; plus de cholestérine (quelquefois en cristaux) et d'albumine que le sang des veines hépatiques. Les globules de la veine porte paraissent plus riches en graisse que ceux de la veine jugulaire. — d) Le sang de la *veine hépatique* renferme plus de globules rouges que le sang de la veine porte; il

est très-pauvre en fibrine; il contient toujours du sucre. (Voir : *Glycogénie*.) — *e*) Le sang de la *veine rénale* est rutilant, plus riche en oxygène, plus pauvre en acide carbonique que le sang veineux général; il contient moins d'eau, de chlorure de sodium, de créatine, d'acide urique et d'urée; il se coagule difficilement. — *f*) *Sang menstruel*; on croyait qu'il ne contenait pas de fibrine: mais il est prouvé aujourd'hui qu'il en contient; son caillot est mou, diffluent; le mucus vaginal paraît, du reste, s'opposer à la coagulation du sang. — *g*) Le sang des *vaisseaux placentaires* est plus riche en globules et plus pauvre en eau que le sang des veines du bras (Denis). (Voir, pour les caractères des divers sangs veineux, la physiologie spéciale des différents organes.)

**Influence des divers états de l'organisme.** — *a*) *Age*. Le sang du fœtus, dans les derniers mois de la vie intra-utérine, est plus riche en parties solides que le sang veineux de la mère (Denis); les globules rouges sont augmentés; cette augmentation continue quelque temps après la naissance, puis il y a diminution; la quantité de globules augmente de nouveau à la puberté pour décroître après l'âge adulte. Le sang de l'enfant contient plus de matières extractives et d'albumine que celui de l'adulte; sa quantité *relative* est plus faible (Panum). Le sang du vieillard renferme plus d'eau, de fibrine, de sels et de cholestérine; les globules sont diminués. La quantité d'oxygène du sang décroît aux limites extrêmes de la vie. — *b*) *Sexe*. Le sang de la femme est moins coloré que celui de l'homme; sa densité est plus faible; le sérum contient moins de sels, quoique la quantité totale des sels soit plus forte que chez l'homme, ce qui indique une forte proportion de sels dans les globules; les globules sont moins nombreux; l'albumine, les graisses, les matières extractives sont en plus forte proportion. — *c*) *Poids*. Le sang artériel des animaux de petite taille est moins oxygéné.

**Influence des différentes fonctions.** — *a*) *Alimentation*. Une nourriture animale fait hausser la quantité des globules, de la fibrine, des matières extractives et des sels, spécialement des phosphates et de la potasse; par l'alimentation végétale, le sang devient plus aqueux; l'albumine, les graisses, le sucre augmentent; les sels calcaires et magnésiens prédominent; après une alimentation riche en graisse, le sérum se charge de graisse et devient

lactescent; les aliments féculents accroissent la quantité de sucre. L'inanition augmente la quantité d'eau et de sels et diminue tous les autres principes, y compris l'oxygène du sang. Les globules blancs diminuent rapidement et disparaissent même chez la grenouille (Kölliker). — b) *Digestion*. La digestion augmente tous les principes du sang, à l'exception de l'eau; les globules blancs peuvent doubler et tripler de quantité; l'oxygène du sang artériel diminue; cette diminution atteint son maximum quatre heures après le repas et le sang ne reprend son type normal qu'après sept ou huit heures. — c) *L'exercice musculaire* augmente un peu la quantité d'oxygène du sang artériel et diminue celle de l'acide carbonique; cette augmentation d'oxygène paraît due à la plus grande fréquence des mouvements respiratoires. d) *L'accélération des battements du cœur* a un effet inverse et compense l'augmentation précédente. — e) Dans la *grossesse*, le sang a une coloration plus foncée et une densité plus faible; l'eau est augmentée, ainsi que la fibrine et la caséine (albuminate de soude); cependant vers la fin la quantité d'eau diminue; les globules rouges sont moins abondants; mais dans les derniers mois ils augmentent de nouveau tandis qu'il y a une diminution des globules blancs.

**Influence des agents extérieurs.** — *Température*. La chaleur diminue la quantité d'oxygène du sang; le froid l'augmente (animaux à sang chaud); cette action est un fait physique d'endosmose; l'endosmose entre deux gaz séparés par une membrane humide est plus rapide lorsque la température s'abaisse.

### 6° *Rôle physiologique du sang.*

D'une façon générale, le sang joue un double rôle : il est à la fois liquide nourricier (*chair coulante* de Bordeu) et liquide excréteur; il charrie à la fois les matériaux nécessaires à la vie des tissus et les principes de déchet qui en proviennent et doivent être éliminés. Le sang n'arrive pourtant pas à tous les tissus; il en est (cartilages, tissus épidermiques) qui sont privés de vaisseaux; mais ils n'en sont pas moins sous la dépendance indirecte du sang; en effet, ils en reçoivent le plasma qui a traversé les parois des capillaires des organes voisins, et qui, par l'imbibition, arrive de proche en proche jusqu'à eux. Cependant, on peut dire



que la vitalité d'un tissu est en général en rapport avec sa richesse sanguine.

Ce rôle vivifiant du sang est prouvé d'une façon très-nette par l'expérimentation; si on interrompt l'abord du sang dans un organe, toutes les fonctions sont bientôt abolies; ainsi on paralyse un membre par la ligature de l'artère principale, et Brown-Sequard, en liant les artères qui se rendent à la tête d'un chien, a pu montrer le curieux spectacle d'une tête morte sur un corps plein de vie, et, par un phénomène inverse, ramener graduellement la vie dans cette tête inanimée en rétablissant le cours du sang dans les artères. De même, l'injection de sang oxygéné fait reparaitre l'irritabilité dans des membres amputés ou dans des têtes séparées du corps.

Il y a deux choses dans cette action vivifiante du sang : 1° un apport de matériaux nutritifs pour la rénovation des tissus; ces matériaux nutritifs varient naturellement suivant les pertes subies, autrement dit suivant le tissu; l'offre est la même pour tous les tissus, mais chacun d'eux choisit dans le plasma artériel ce qui convient pour sa réparation; 2° outre cette action rénovatrice, le sang maintient les propriétés vitales des tissus à l'état d'intégrité (irritabilité musculaire, excitabilité nerveuse); c'est l'oxygène qui, à ce point de vue, joue le rôle essentiel; ainsi les expériences citées plus haut ne réussissent qu'avec du sang oxygéné et pas avec du sang veineux.

L'oxygène du sang est en outre l'agent principal des décompositions chimiques qui constituent la désassimilation et qui sont la condition *sine qua non* de l'activité vitale (production de chaleur, de travail mécanique, d'innervation). Que cet oxygène s'y trouve à l'état d'ozone ou simplement à l'état naissant, il n'en est pas moins certain que l'oxygène du sang a une affinité beaucoup plus grande pour les substances oxydables que l'oxygène ordinaire, et qu'il s'accomplit dans l'intérieur de l'organisme, à la température du corps, des oxydations qui ne pourraient se faire, en dehors de l'organisme, qu'à des températures très-élevées. La question de savoir si ces oxydations se font dans le sang ou en dehors des vaisseaux sera traitée plus loin.

L'acide carbonique est un principe de désassimilation et de déchet; mais il a de plus une action stimulante sur certains tissus et, en particulier, sur certains centres nerveux (ainsi, sur le centre inspirateur).

Le rôle principal des globules rouges paraît être de l'hémoglobine et peut-être de la fabriquer; de là le nom *glandes flottantes* qui leur a été donné par Henle.

Enfin le sang est le grand distributeur de calorique dans l'organisme; cette chaleur, engendrée ou non dans son sein, par des combinaisons chimiques, il la transporte dans toutes les parties du corps et en régularise la répartition et la perte.

**Transfusion du sang.** — Cette opération, très-rationnelle, repose sur des bases physiologiques qui sont bien connues aujourd'hui. Le sang d'un animal, injecté dans les vaisseaux d'un animal de même espèce, joue le même rôle physiologique que le sang primitif et peut le remplacer. Du sang transfusé peut remplacer du sang insuffisant (à la suite d'hémorrhagie) ou vicié. Dans cette transfusion, la plus grande part de revivification revient aux globules oxygénés; la fibrine n'a aucune importance et peut être extraite avant l'injection sans inconvénient. Le sang d'une espèce animale différente n'a plus la même action; il peut en réveiller l'excitabilité nerveuse et musculaire, mais temporairement, et bientôt les globules rouges se détruisent et par leur décomposition produisent en général des troubles de diverses natures.

**Bibliographie.** — DENIS : *Mémoire sur le sang*, 1859. — W. PREYER : *Blutstille*, 1871. — MATHIEU et URBAIN : *Des Gaz du sang* (Archives de physiologie, 1871-72). — ESTOR et SAINT-PIERRE : *Analyse des gaz du sang* (Journal de physiologie, 1872). — A. SCHMIDT : *Hematologische Studien*, 1865.

## 2. — LYPHE.

**Procédés.** — On peut se procurer de petites quantités de lymphe pure en incisant les sacs lymphatiques de la grenouille. — Pour procurer de la lymphe pure en grandes quantités, il faut s'adresser à de grands animaux; on peut mettre à nu les lymphatiques qui accompagnent l'artère carotide et y introduire une canule. (*Pr. de Colin*) *Fistule du canal thoracique*. On obtient ainsi la lymphe mélangée au chyle. — Enfin on peut mettre à nu et ouvrir le canal thoracique d'un animal qu'on vient de sacrifier.

La lymphe est un liquide alcalin (moins que le sang), incolore ou opalescent, qui tient en suspension des globules blancs semblables à ceux du sang, et, comme le sang, se coagule après sa sortie des vaisseaux; sa densité est de 1,045.

**Quantité.** Leur nombre, variable suivant les régions du système lymphatique et les conditions dans lesquelles ils sont pris, peut être évalué à 8,200 par millimètre cube. Le mode de formation des globules de la lymphe est encore inconnu. Les lieux principaux de leur formation sont certaines glandes lymphatiques et les organes lymphoïdes (rate, thymus, etc.).

Dans ces globules, on trouve dans la lymphe des noyaux et des globules plus petits d'aspect homogène et une très-grande quantité de granulations élémentaires. On y rencontre des globules rouges, surtout dans les lymphatiques de la

## 2. — PLASMA.

Le plasma de la lymphe est un liquide alcalin, jaune-citron ou incolore, quelquefois à peine coloré, dont la couleur rappelle assez celle du plasma sanguin de l'animal et qui se coagule quelque temps après son exposition à l'air (5 à 20 minutes). Ce plasma se compose de deux parties, la fibrine, ou substance coagulable, et le sérum.

La fibrine de la lymphe offre les mêmes caractères et la même action que celle du sang; elle peut manquer dans certains cas : *Coagulation de la lymphe*, et la lymphe perd alors la faculté de se coaguler. La lymphe qui sort des ganglions lymphatiques est plus riche en fibrine. La lymphe contient environ 1/100 de fibrine.

tion que dans le sang (Wurtz), de l'ammoniaque; des graisses à l'état de glycérides; des acides oléique, palmitique et butyrique; des traces de savons et quelques acides gras volatils, spécialement de l'acide butyrique; de la glycose, qui, d'après quelques auteurs, y existerait toujours, et, d'après Cl. Bernard, ne s'y trouverait que quand l'organisme est saturé de cette substance. On y a constaté la présence de la cholestérine. Les substances minérales sont surtout la potasse et les phosphates dans le caillot, la soude qui prédomine dans le sérum, des carbonates, des sulfates et un peu d'oxyde de fer.

Les *gaz* du sérum consistent presque entièrement en acide carbonique (35 p. 100), une petite quantité d'azote (1,87 p. 100) et des traces d'oxygène (Hammarsten).

### 3. — DE LA LYMPHE CONSIDÉRÉE DANS SON ENSEMBLE.

**Caractères organoleptiques.** — La lymphe a une odeur faible, un peu animalisée, caractéristique pour certaines espèces; sa saveur est fade, salée, avec un arrière-goût alcalin.

**Coagulation de la lymphe.** — La coagulation de la lymphe est un peu plus tardive que celle du sang; elle n'a pas lieu dans les vaisseaux, mais se fait quand la lymphe est exposée à l'air. Le caillot est très-petit par rapport au sérum; son poids représente 40 millièmes de celui de la lymphe; il est blanchâtre, mou, peu rétractile et se colore quelquefois en rouge au bout d'un certain temps, fait nié par Colin pour la lymphe pure et dû probablement à la présence de quelques globules rouges emprisonnés dans le caillot et peut-être aussi à une transformation chimique produite sous l'influence de l'oxygène. (Gubler et Quévenne.)

**Quantité de lymphe.** — *Procédés d'évaluation.* Fistule du canal thoracique et évaluation de la quantité de lymphe qui s'écoule en un temps donné (procédé très-incertain). On a évalué, sans données bien précises, la quantité de lymphe à  $\frac{1}{10}$ , environ du poids du corps; ce qu'il y a de certain, c'est que la quantité de lymphe fournie en vingt-quatre heures peut atteindre un chiffre considérable; Colin, sur le cheval, a obtenu jusqu'à

kilogrammes en vingt-quatre heures, c'est-à-dire 105 grammes  
iron par kilogramme de poids de l'animal.

**analyse de la lymphe.** — Les procédés d'analyse de la  
phe sont les mêmes que pour le sang. Le tableau suivant,  
monté à C. Schmidt, représente l'analyse de la lymphe du  
et celle du chyle du canal thoracique d'un poulain nourri de  
1:

	Dans 1,000 parties.		Sérum (1,000 p.).		Caillot (1,000 p.).	
	Lymphe.	Chyle.	Lymphe.	Chyle.	Lymphe.	Chyle.
. . . . .	955,36	956,19	957,61	958,50	907,32	887,59
es solides . .	44,64	43,81	42,39	41,50	92,68	112,41
ne . . . . .	2,18	1,27	—	—	48,66	38,95
mine . . . . .	34,99	35,11	32,02	31,63	34,36	67,77
ne . . . . .			1,23			
extractives. .			1,78			
minéraux . .	7,47	7,49	7,36	7,55	9,66	5,46
r. de sodium .	5,67	5,84	5,65	5,95	6,07	2,30
le . . . . .	1,27	1,17	1,30	1,17	0,60	1,32
me . . . . .	0,16	0,13	0,11	0,11	1,07	0,70
r sulfurique. .	0,09	0,05	0,08	0,05	0,18	0,01
phosphorique.	0,02	0,04	0,02	0,02	0,15	0,85
phates terreux	0,26	0,25	0,20	0,25	1,59	0,28

e caillot était, pour la lymphe, de 44,83 parties pour 1,000;  
r le chyle, de 32,56.  
e tableau suivant donne les analyses comparatives, faites par  
rtz, de la lymphe et du chyle d'un taureau vivant en pleine  
ction et d'une vache vivante :

	TAUREAU.		VACHE.	
	Lymphe.	Chyle.	Lymphe.	Chyle.
us. . . . .	938,97	929,71	955,38	951,24
brine. . . . .	2,05	1,96	2,20	2,82
humine. . . . .	50,90	59,64	34,76	38,84
mine. . . . .	0,42	2,55	0,24	0,72
de. . . . .	7,63	6,12	7,41	6,36

a comparaison de la lymphe et du sang donne des résultats  
recifs; comme l'indique le tableau suivant, en passant à









**Pathogénie de la lymphe et du chyle.** — ROUSSON : *De la Lymphe*, 1817. — H. NIEBUH : *Artikel Lymphe*, dans *Handwörterbuch der Physiologie*, — 1. médicale de Paris, 1854. — BRUNNEN : *Anatomie générale lymphatique*, 1863. — COLIN : *Traité de physiologie*

### — SÉROSITÉS ET TRANSSUDATIONS.

*transsudations séreuses* proviennent du à travers les parois des vaisseaux et plus traversée des membranes connectives et s sérosités doivent donc être rapprochées et ont en effet une composition à peu près portions relatives de certains principes et albuminoïdes qui, comme toutes les sub- très-pen diffusibles. Ce sont des liquides fluorescents, un peu visqueux, alcalins guin. La coagulation spontanée se montre ansandations séreuses (ainsi dans la séro- s elle est toujours plus lente que pour le auvreté de ces liquides en paraglobuline; lant toujours si on ajoute un peu de para- s contiennent toujours quelques globules ax de la lymphe.

ninoïdes des sérosités consistent en albu- mine du sérum et albuminate de potasse), et des traces de paraglobuline. On y xtractives (urée, créatine, créatinine, acide ie,) la graisse, la cholestérine, les sels mi- re dans le plasma sanguin. On y trouve en lution, surtout de l'acide carbonique.

liquides offrent des caractères particuliers. le contient le plus de fibrine et se coagule le quide *cérébro-spinal*, au contraire, est in- une est très-analogue à la caséine; on y ressemblant à l'alcapnone, de la glycose uez forte proportion de phosphates et de uide *allantoïdien* renferme de l'allantoïne, re spéciale, des lactates alcalins, du chlo- osphates et de la glycose (chez les herbi-

ves). Le liquide amniotique contient de l'albumine, de l'urée

du sucre de lait, de l'acide lactique (?), de la glycose, qui disparaît quand le sucre apparaît dans le foie (Cl. Bernard), et des sels (chlorure de sodium, carbonates alcalins et traces de phosphates et de sulfates).

Voici, comme spécimen de composition des sérosités, la moyenne de deux analyses de Gorup-Besanez de la sérosité péri-cardique de deux suppliciés :

Eau . . . . .	958,98
Albumine. . . . .	23,15
Fibrine. . . . .	0,81
Matières extractives. . . .	10,45
Sels . . . . .	7,00

### ARTICLE TROISIÈME. — SÉCRÉTIONS SALINES ET EXTRACTIVES.

#### 1. — URINE.

L'urine est sécrétée par les reins; à l'état normal, c'est un liquide clair, transparent, de couleur jaune pâle ou jaune ambré, d'une odeur caractéristique, d'une saveur amère et un peu salée. Sa densité est de 1,005 à 1,030; sa réaction est acide. Sa quantité, très-variable du reste, est d'environ 1,275 centimètres cubes par jour en moyenne, soit 0,40 centimètres cubes par kilogramme de poids du corps. Elle ne contient pas d'éléments anatomiques, sauf accidentellement quelques lamelles épithéliales provenant des voies urinaires.

**Caractères chimiques de l'urine.** — L'urine possède en moyenne, pour 1,000 parties, 960 parties d'eau et 40 parties de principes solides en dissolution dans l'eau. Ces principes solides peuvent être divisés en quatre groupes; ce sont : 1° des principes azotés qui proviennent de la désassimilation des substances albuminoïdes ou de leurs dérivés; 2° des principes non azotés; 3° des matières colorantes; 4° des sels minéraux. Elle ne contient pas d'albumine. Enfin, des gaz sont tenus en dissolution dans l'urine.

1° Les *principes azotés*, qui constituent la partie la plus importante de l'urine tant au point de vue chimique qu'au point de



gaz pour 100; ces gaz sont surtout de l'acide carbonique (13 p. 100), une petite quantité d'azote (1 p. 100) et des traces d'oxygène. Le coefficient d'absorption de l'urine pour ces gaz est à peu près le même que celui de l'eau.

La réaction acide de l'urine est due principalement à l'acide urique et au phosphate de soude; elle correspond à 1<sup>er</sup>,5 de soude.

Les dépôts qui se forment dans l'urine ou *sédiments urinaires* sont plutôt du ressort de la pathologie; ils consistent principalement en acide urique, urates de soude et d'ammoniaque, oxalate de chaux et phosphate ammoniaco-magnésien.

**Analyse de l'urine.** — L'analyse de l'urine comprend les opérations suivantes :

1° On essaye la réaction de l'urine; on détermine le degré d'acidité à l'aide d'une liqueur titrée de soude.

2° On dose les matières inorganiques en évaporant une quantité donnée d'urine et en incinérant le résidu avec précaution.

3° Les matières organiques sont dosées par la différence de poids du résidu de l'évaporation simple et du résidu de l'incinération.

4° On dose les divers principes minéraux par les méthodes ordinaires.

5° *Dosage de l'urée.* — a) *Procédé de Liebig.* On emploie une liqueur titrée d'azotate mercurique; on reconnaît que toute l'urée est précipitée quand l'addition du réactif indicateur, carbonate de sodium, produit une coloration jaune. — b) *Pr. de Lecomte.* On décompose l'urée par l'hypochlorite de sodium en acide carbonique et azote, et on mesure l'azote produit. — c) *Pr. d'Yvon.* Le principe est le même, mais on emploie l'hypobromite de sodium. Esbach a simplifié ce procédé et l'a rendu plus pratique. (*Bull. de thérapeutique*, 1874.) — d) *Pr. de Millon.* On décompose l'urée par l'acide azoteux en acide carbonique et azote, et on mesure l'acide carbonique; Gréhan se sert de la pompe à mercure pour recueillir les gaz. — e) *Pr. de Bunsen.* On transforme l'urée en carbonate d'ammonium en la chauffant dans un tube scellé, et on dose le carbonate à l'état de carbonate de baryum.

6° *Dosage de l'acide urique.* — On précipite l'acide urique par l'acide chlorhydrique et on pèse le précipité obtenu.

7° La créatinine est dosée par la précipitation par le chlorure de zinc.

8° Les autres matières non dosées (sels ammoniacaux, acide libre, matières colorantes, etc.) sont dosées par différence.

9° On dose l'azote des matières azotées en calcinant l'urine avec de la chaux sodée; l'azote se dégage à l'état d'ammoniaque, qu'on dose par le procédé volumétrique avec l'acide sulfurique titré. Ce procédé paraît peu exact; le chiffre d'azote obtenu est trop faible.

**Composition de l'urine.** — Le tableau suivant donne, d'après J. Vogel, la composition de l'urine en vingt-quatre heures (première colonne), et pour 1,000 parties en poids d'urine (deuxième colonne) :

	En 24 heures.	Pour 1,000 parties d'urine.
Quantité d'urine . . . . .	1 <sup>k</sup> ,500,00	1,000,00
Eau. . . . .	1 <sup>k</sup> ,440,00	960,00
Parties solides. . . . .	60,00	40,00
Urée. . . . .	35,00	23,30
Acide urique . . . . .	0,75	0,50
Chlorure de sodium. . . . .	16,50	11,00
Acide phosphorique. . . . .	3,50	2,30
Acide sulfurique. . . . .	2,00	1,30
Phosphates terreux. . . . .	1,20	0,80
Ammoniaque . . . . .	0,65	0,40
Acide libre . . . . .	3,00	2,00

### *Variations de composition de l'urine.* . .

1° *Variations spontanées.* — a) *Variations de l'urine dans la vessie.* — Quoique l'absorption par la muqueuse vésicale ait été niée par quelques auteurs (Küss, Susini), l'urine paraît se concentrer par son séjour dans la vessie; mais la résorption ne porte pas seulement sur l'eau; d'après Käupp, elle porterait aussi sur les différents principes fixes (urée, sels), quoique en plus faible proportion. — b) *Altérations spontanées à l'air.* — L'urine se fonce après son émission; ce changement de coloration paraît dû à une absorption d'oxygène (Pasteur) et à une oxydation de la matière colorante. Puis l'urine se recouvre peu à peu d'une pellicule blanchâtre et acquiert une réaction acide plus prononcée (*fermentation urinaire acide*), en même temps que se déposent des cristaux jaune rougeâtre d'acide urique et d'urates; d'après Schärer, il y aurait formation d'acide lactique par dédoublement de la matière colorante sous l'influence d'un ferment mycodermique analogue au *M. cerevisiæ* (levûre de bière). Plus tard la *fermentation ammoniacale* s'établit sous l'influence d'un ferment spécial, constitué par une torulacée dont les globules ont 0<sup>m</sup>,0015 de diamètre (Van Tieghem); l'urée se transforme en carbonate d'ammoniaque; l'urine devient alcaline, plus pâle, prend une odeur ammoniacale, et il se dépose en même temps des

phosphates et oxalates terreux, de l'urate d'ammoniaque et phosphate ammoniaco-magnésien (fig. 19).

Fig. 19. — Phosphate ammoniaco-magnésien.

2<sup>e</sup> *Variations des divers principes de l'urine.* — a) *Urée.* quantité d'urée excrétée diminue de l'enfance à la vieillesse ainsi, pour 1 kilogramme de poids du corps, on trouve en vingt quatre heures les chiffres suivants (Uhle) :

Enfant de 3 à 6 ans. . . . .	1 <sup>er</sup> ,00
— de 8 à 11 ans. . . . .	0 <sup>er</sup> ,8
— de 13 à 16 ans. . . . .	0 <sup>er</sup> ,4 à 0 <sup>er</sup> ,6
Adulte. . . . .	0 <sup>er</sup> ,5

L'homme en sécréterait plus que la femme. L'urée augmente par un régime azoté, diminue par une alimentation végétarienne mais elle ne tombe jamais à 0, et on en retrouve encore dans les urines après vingt jours d'inanition. C'est probablement à l'influence de l'alimentation qu'il faut rapporter les variations journalières de l'urée; le minimum se rencontre pendant la nuit et le maximum cinq heures après le repas. L'exercice musculaire et le travail cérébral augmentent la proportion d'urée; le même effet est produit par l'ingestion d'eau, de chlorure de sodium, de substances azotées (urée, acide urique, glycocolle, guanine, etc.). Elle diminuerait au contraire par l'usage de l'essence de térébenthine, de l'éther, de la digitale, de l'acide arsénieux, du tabac. Le thé et le café seraient sans action (Hammond) (1). — b) *Acide urique.* L'âge et le sexe paraissent avoir peu d'influence sur

(1) Cependant E. Roux a constaté récemment une augmentation d'urée par l'usage du café.



d'urine, surtout d'urée et de sels, que l'adulte. Le tableau suivant donne, en grammes, les quantités d'urine et principes constituants chez l'enfant et chez l'adulte (Mosler) :

	En 24 heures.		Pour 1 kilogramme de poids du corps.	
	Enfant.	Adulte.	Enfant.	Adulte.
Quantité d'urine. . . . .	1,526,0	1,875,0	78,00	40,00
Urée. . . . .	18,8	36,2	0,95	0,75
Chlorure de sodium. . . . .	8,6	15,6	0,44	0,32
Acide sulfurique. . . . .	1,0	2,6	0,06	0,05
Acide phosphorique. . . . .	3,0	4,9	0,16	0,08

Chez le vieillard, la quantité d'urine et surtout de principes solides diminue; d'après V. Bibra, les matières extractives augmenteraient notablement. — b) *Sexe*. Chez la femme, la quantité d'acide, ainsi que la proportion des matières solides (urée et sels), est plus faible que chez l'homme.

4° *Variations fonctionnelles*. — a) *Alimentation*. Les boissons augmentent non-seulement la quantité d'eau de l'urine, mais aussi la quantité des sels, sans augmenter dans la même proportion le chiffre de l'urée et de l'acide urique, d'où diminution relative de ces deux principes. Une alimentation animale rend l'urine acide, et augmente la quantité d'urée, d'acide urique, de sulfates, de phosphates et de chlorures; l'alimentation végétale rend l'urine alcaline (urine des herbivores); sous son influence, on constate un accroissement de l'acide hippurique, de l'acide oxalique, des carbonates, de la potasse, de la soude et de la glycose (alimentation féculente). L'inanition rend l'urine des herbivores acide, et l'acide hippurique y est remplacé par l'acide urique. — b) *Digestion*. L'urine émise trois heures environ après le repas (urine de la digestion ou du chyle) est dense, colorée, moins abondante, et elle présente déjà les variations de quantité des divers principes, suivant la nature de l'alimentation, variations qui ont été étudiées plus haut. — c) *Sueur*. Il y a une sorte de balancement entre la sécrétion de la sueur et la sécrétion urinaire : quand l'une augmente, l'autre diminue; mais ce balancement ne s'exerce que dans des limites assez restreintes et porte surtout sur la quantité d'eau. — d) *L'exercice musculaire* accroit la proportion d'urée dans l'urine, et, ce qui est plus douteux, diminuerait la proportion d'acide urique; le chlorure de sodium, les sulfates, les phosphates, éprouveraient aussi une augmentation. — e) *L'influence*





L'acide urique présenterait deux maxima, l'un de sept à huit heures du matin, l'autre de une à cinq heures de l'après-midi (Schweig). Les sulfates atteindraient leur maximum six heures après le repas; les phosphates font une exception remarquable : leur maximum tombe vers le soir, entre sept et onze heures (Mosler). — b) *Température*. L'élévation de la température extérieure diminue la quantité d'urine, qui devient plus concentrée; les quantités d'urée, de chlorure de sodium et des autres principes subissent aussi une diminution, à l'exception des phosphates et des sulfates. — c) *Passage de substances dans l'urine*. La plupart des substances minérales se retrouvent dans l'urine dans le même état; cependant il n'en est pas toujours ainsi; l'iode libre s'y retrouve à l'état d'iodure; le sulfate de potassium à l'état de sulfate de potasse; le cyanure rouge à l'état de ferrocyanure jaune de potassium. Parmi les matières organiques, celles qui sont facilement oxydables ne passent dans l'urine qu'après avoir été décomposées; ainsi les sels neutres organiques à base alcaline apparaissent dans l'urine sous forme de carbonates alcalins; l'acide tannique donne de l'acide gallique; l'acide benzoïque, l'essence d'amandes amères, donnent de l'acide hippurique, etc. (Wœhler). La plupart des matières colorantes et odorantes passent dans les urines, sauf le tournesol, le carmin et la chlorophylle; le musc et le camphre n'y passent pas non plus. (Voir, pour plus de détails, les traités de thérapeutique et de toxicologie.)

6° *Physiologie comparée*. — a) L'urine des *herbivores* est trouble, jaunâtre, très-alcaline; elle contient de l'acide hippurique, des carbonates alcalins et terreux, très-peu de phosphates et pas d'acide urique ordinairement. L'inanition la rend acide; il en est de même pendant la période de l'allaitement. — b) L'urine des *carnivores* est acide et ressemble à l'urine humaine. — c) L'urine du *chien* est très-fortement acide et contient un acide particulier, acide *cyanurénique* qui précipite avec l'acide urique par l'acide chlorhydrique. L'acide azotique y produit souvent une coloration analogue à la réaction de Gmelin; cependant elle n'est pas due à la présence de la bile. — d) L'urine du *lapin* a les caractères de l'urine des herbivores; elle se trouble par l'ébullition et contient quelquefois une substance qui réduit la liqueur de Barreswill. — e) L'urine du *cheval* est trouble, très-alcaline et se fonce rapidement à l'air; par la concentration, elle abandonne des cristaux d'hippurate de chaux. — f) L'urine des



trouvée dans la sueur paraît provenir de la décomposition des matières azotées. Quant à l'acide sudorique admis par Favre, son existence est encore douteuse. Les principes *non azotés* consistent en acides gras volatils (formique, acétique, butyrique, propionique, caproïque, etc.) qui donnent à la sueur, surtout dans certaines régions, une odeur caractéristique; on y trouve en outre de l'acide lactique (?), de la cholestérine et des graisses neutres qui proviennent en partie des glandes sébacées. On y a signalé la présence de *matières colorantes* indéterminées. Les substances *minérales* sont, en première ligne, le chlorure de sodium, puis le chlorure de potassium, des phosphates et des sulfates alcalins, des phosphates terreux et des traces de fer. La sueur contient en outre de l'acide carbonique libre.

Le tableau suivant donne les analyses de la sueur par Favre, Schottin et Funke :

Pour 1,000 parties.	FAVRE.	SCHOTTIN.	FUNKE.
Eau . . . . .	995,573	977,40	988,40
Matières solides . . . . .	4,427	22,60	11,60
Épithélium . . . . .	—	4,20	2,49
Graisse . . . . .	0,013	—	—
Lactates . . . . .	0,317	—	—
Sudorates . . . . .	1,562	—	—
Matières extractives . . . . .	0,005	11,30	—
Urée . . . . .	0,044	—	1,55
Chlorure de sodium . . . . .	2,230	3,60	—
Chlorure de potassium . . . . .	0,024	—	—
Phosphate de soude . . . . .	Traces.)	1,31	—
Sulfates alcalins . . . . .	0,011 )	—	—
Phosphates terreux . . . . .	Traces.	0,39	—
Sels en général . . . . .	—	7,00	4,36

On voit, en comparant ces analyses à celle de l'urine, qu'il y a une assez grande différence de composition, quantitativement surtout, entre la sueur et l'urine.

**Variations de la sueur.** — a) *Variations locales.* La sueur de certaines régions a une odeur spéciale, caractéristique (aisselle, pieds); elle devient aussi plus facilement alcaline, mais fraîche, elle est toujours acide. La sueur des pieds contient plus de principes fixes et de potasse spécialement que celle des bras.—

*b) La durée de la sécrétion* a de l'influence sur la composition de la sueur. Les premières parties sont plus riches en acides gras, les dernières en sels minéraux et même, au bout d'un certain temps, d'après Favre, la sueur deviendrait alcaline. La quantité d'urée augmente, mais pas proportionnellement, avec la quantité de sueur. La sueur est, du reste, d'autant plus concentrée que la quantité de la sécrétion est moins considérable. — *c) Variations fonctionnelles.* L'alimentation et surtout une nourriture animale augmentent la sécrétion sudorale; les boissons, principalement les boissons chaudes et alcooliques, ont un effet encore plus marqué. On a signalé plus haut les rapports de la sueur avec la sécrétion urinaire. Tout ce qui active la circulation, spécialement la circulation cutanée, tout ce qui détermine un appel de sang à la peau (bains chauds, vêtements épais et mauvais conducteurs du calorique, frictions, etc.) provoque une abondante transpiration. Il en est de même de l'exercice musculaire. Les affections psychiques, crainte, honte, douleur, etc., ont aussi une influence bien connue sur la production de la sueur et surtout des sueurs locales. — *d) Variations par causes extérieures.* Une température élevée de l'air atmosphérique, son état d'agitation qui renouvelle les couches en contact avec la peau, sa sécheresse, favorisent la sécrétion de la sueur en amenant une évaporation plus rapide. — *e) Passage de substances dans la sueur.* L'iode, l'iodure de potassium, les acides arsénieux et arsénique, l'alcool, le sulfate de quinine, les acides benzoïque (en partie transformé en acide hippurique), succinique, tartrique, se retrouvent dans la sueur; certaines matières odorantes, l'ail, par exemple, s'éliminent en partie par la sueur.

**Rôle physiologique de la sueur.** — La sueur est en première ligne un liquide d'excrétion, et quoique la quantité de ses principes solides soit très-faible, ce rôle de sécrétion éliminatrice paraît cependant avoir une certaine importance, sans qu'on puisse en déterminer la signification d'une façon précise. En outre, la sueur a, par son évaporation, une influence très-grande sur la régularisation de la température du corps (voir : *Chaleur animale*).

**Bibliographie.** — FAVRE : *Recherches sur la composition de la sueur chez l'homme.* (Arch. gén. de méd., 1853.)

## 3. — LARMES.

Les larmes sont sécrétées par la glande lacrymale. Elles constituent un liquide incolore, d'une saveur salée, de réaction alcaline. Elles contiennent environ 10 p. 1,000 de principes solides, qui consistent en un peu de mucus ou d'albumine (*dacryoline*), précipitable par la chaleur, des traces de graisse et des sels minéraux. Ces derniers sont presque exclusivement formés par du chlorure de sodium et par une très-petite proportion de phosphates alcalins et terreux. L'analyse suivante donne, d'après Lerch, la composition des larmes :

Eau. . . . .	982,00
Albumine et traces de mucus. . . . .	5,00
Chlorure de sodium . . . . .	13,00
Autres sels minéraux. . . . .	0,20
	<hr/>
	1,000,20

## 4. — BILE.

**Procédés pour recueillir la bile.** — La bile peut être recueillie dans la vésicule biliaire après la mort de l'homme (suppliciés) ou de l'animal. Mais pour avoir la bile tout à fait pure, il faut la recueillir pendant la vie, immédiatement après sa sortie du canal hépatique et sans lui laisser le temps de séjourner dans la vésicule. C'est dans ce but qu'on pratique des fistules biliaires artificielles (Schwann). — *Procédés opératoires.*  
**1° Chez le chien.** — L'animal doit être à jeun; on incise l'abdomen; on place deux ligatures sur le canal cholédoque, l'une après son abouchement avec le canal cystique, l'autre près de l'intestin, et l'on incise la partie intermédiaire pour éviter le rétablissement du canal. On fixe ensuite le fond de la vésicule biliaire à la paroi abdominale, afin que les adhérences s'établissent; on incise alors le fond de la vésicule et on place une canule pour recueillir la bile qui s'écoule. Les chiens peuvent survivre très-longtemps à l'opération. Le procédé est à peu près le même chez le chat, le lapin, le cabiai, le porc, le mouton, etc.; mais ces animaux survivent plus difficilement; les cabiais meurent en général au bout de vingt-quatre heures. — **2° Chez le cheval,** qui n'a pas de vésicule biliaire, il faut placer directement la canule dans le canal cholédoque ou dans le canal hépatique (Colin). Du reste, on peut aussi, chez les autres animaux, placer la canule dans le canal cholédoque au lieu de la placer dans la vésicule biliaire incisée. — **3° Fistules amphiboles du canal cholédoque.** — On fait une fistule duodénale et on passe par le duodénum, dans le canal cholédoque, une canule pourvue de deux ouvertures, une ouverture terminale qui déverse la bile à l'extérieur et

une ouverture latérale qui donne dans le duodénum; suivant que l'on bouche l'une ou l'autre des ouvertures, la bile se rend à l'extérieur ou se jette dans le duodénum (Schiff). — 4° Chez l'homme, on a pu recueillir de la bile, sur le vivant, dans des cas de fistule des conduits biliaires ou de la vésicule.

La bile est sécrétée par le foie. La bile fraîche est un liquide jaune rougeâtre chez l'homme et les carnivores, vert chez les herbivores, d'une saveur amère avec un arrière-goût fade et douceâtre; d'une odeur spéciale. Sa densité est de 1,026 à 1,030. Sa réaction est neutre. Dans la vésicule, elle se concentre et se fonce en passant au vert et devient filante, de fluide qu'elle était auparavant; elle contient alors du mucus de la vésicule biliaire et des cellules épithéliales; sa réaction est faiblement alcaline chez les herbivores, acide chez les carnivores (Cl. Bernard). Elle se dissout presque en entier dans l'eau, en donnant une liqueur mousseuse. A l'air sa couleur verte se prononce de plus en plus. Dissoute dans l'acide sulfurique concentré, elle présente une forte fluorescence: elle est rouge foncé à la lumière transmise, verte à la lumière réfléchie.

La *quantité* de bile sécrétée en vingt-quatre heures est plus considérable chez les herbivores que chez les carnivores; tandis que le chien n'en sécrète que le cinquantième de son poids, le lapin en sécrète le huitième, le cabiai encore plus. Cette quantité s'apprécie par l'écoulement qui se produit chez les animaux porteurs de fistules biliaires; mais, s'il est possible d'avoir ainsi avec assez d'exactitude les proportions relatives de bile sécrétée chez les différents animaux, il est impossible d'en avoir la quantité absolue. En effet, Schiff a montré que la résorption de la bile dans l'intestin augmente la sécrétion et que la quantité de bile sécrétée diminue chez les animaux porteurs de fistule biliaire.

Ces réserves faites, on peut évaluer la quantité de bile produite en vingt-quatre heures, chez l'homme, à un kilogramme environ. On a, pour les différents animaux, les chiffres suivants en vingt-quatre heures, par kilogramme du poids du corps:

Homme. . . .	14	grammes.
Chat. . . . .	14	—
Chien . . . .	20 à 60	—
Veau. . . . .	25	—
Lapin . . . .	132	—
Cabiai . . . .	175	—

**Composition chimique de la bile.** — La bile possède en moyenne, pour 1,000 parties, 862 parties d'eau et 138 de principes solides qui consistent surtout en acides biliaires (82 p. 1,000), cholestérine (26 p. 1,000), matière colorante (22 p. 1,000) et sels (8 p. 1,000). La bile renferme en outre des gaz.

1° *Acides biliaires.* — Si on évapore la bile, il reste un résidu solide, soluble dans l'alcool absolu, et donnant par l'éther un précipité résineux (résine biliaire) qui cristallise peu à peu. Pour avoir ces cristaux tout à fait purs (bile cristallisée), on évapore la bile au quart de son volume, on ajoute un excès de charbon animal qui enlève la matière colorante; on dessèche cette bouillie noire à 100°, et on la traite par l'alcool absolu. L'éther donne alors un précipité cristallisé d'aiguilles soyeuses, très-soluble dans l'eau et d'une saveur fortement amère; chauffée faiblement avec l'acide sulfurique concentré, cette bile cristallisée devient résineuse et se dissout en donnant un liquide fluorescent jaune et vert. Elle présente la réaction de Pettenkofer. Les solutions de bile cristallisée précipitent par l'acétate de plomb neutre et l'acétate de plomb basique; ces précipités sont les sels de plomb des acides biliaires.

Les deux acides biliaires sont l'acide glycocholique et l'acide taurocholique, tous deux azotés; ils sont unis à la soude.

L'acide glycocholique se rencontre en très-petite quantité dans la bile humaine et manque tout à fait dans celle des carnivores; il est très-abondant, au contraire, dans celle des herbivores. On l'obtient en précipitant une solution aqueuse de bile cristallisée par l'acide sulfurique étendu.

L'acide taurocholique contient du soufre; il se trouve surtout dans la bile des carnivores et constitue la plus grande partie des acides biliaires chez l'homme. A l'état frais, la bile ne contient aucun des dérivés de ces deux acides (acide cholalique, glyco-colle, taurine).

On a constaté dans la bile la présence d'autres matières azotées, mais en très-faible quantité : lécithine, neurine, urée (bile de bœuf); d'après Cyon, l'urée se formerait dans le sang auquel on fait traverser artificiellement le foie.

2° *Matières colorantes.* — Les matières colorantes de la bile fraîche sont la bilirubine et la biliverdine. La bilirubine s'extrait de la bile fraîche un peu acidulée en l'agitant avec du chloroforme; le liquide inférieur se colore en jaune, tandis que le





3° On dose les matières minérales en calcinant le résidu de l'évaporation. La différence donne le poids des matières organiques.

4° On dose les acides biliaires en évaporant une certaine quantité de bile; le résidu est repris par l'alcool très-fort, évaporé au quart et précipité par l'éther; le précipité est desséché et pesé.

5° L'acide taurocholique est dosé par la quantité de soufre qu'il contient. La différence entre le poids de taurocholate et le poids des deux sels donne le poids du glycolate.

6° Pour doser la graisse et la cholestérine, on évapore à siccité la solution éthérée; on dissout les sels par des lavages à l'eau, et on pèse le résidu desséché.

7° Pour doser séparément la cholestérine, on fait bouillir l'extrait éthéré avec une solution alcoolique de soude, qui s'empare des corps gras; on chasse l'excès d'alcool par l'ébullition, et on reprend par l'éther; l'évaporation donne le poids de la cholestérine. La différence des deux poids donne le poids des matières grasses. (Voir, pour plus de détails: Riltter, *Manuel de chimie pratique*.)

Le tableau suivant représente la moyenne de plusieurs analyses de bile humaine, par Frerichs et Gorup-Besanez :

Eau . . . . .	862	p. 1,000
Parties solides . . . . .	138	—
Sels d'acides biliaires . . . . .	82	—
Matière colorante . . . . .	22	—
Cholestérine . . . . .	26	—
Sels minéraux . . . . .	8	—

D'après Flint, la quantité de cholestérine serait seulement de 16 p. 1,000.

Les cendres de la bile de la vésicule, chez le bœuf, ont donné les chiffres suivants, pour 100 parties :

Soude . . . . .	36,73	p. 100
Chlorure de sodium . . . . .	27,70	—
Acide carbonique . . . . .	11,26	—
Acide phosphorique . . . . .	10,45	—
Acide sulfurique . . . . .	6,39	—
Potasse . . . . .	4,80	—
Chaux . . . . .	1,43	—
Magnésie . . . . .	0,53	—
Silice . . . . .	0,36	—
Oxyde de fer . . . . .	0,23	—
Oxyde de manganèse . . . . .	0,12	—







serait à la fois acide et alcalin; il bleuit le papier de tournesol rouge, et rougit le papier bleu; il aurait ce qu'on appelle la réaction *amphotère*; l'acidité peut tenir soit au phosphate acide de soude, soit à l'acide lactique. Le lait contient en suspension des globules graisseux, globules du lait, qui lui donnent son opacité et constituent par conséquent une véritable émulsion. La quantité de lait sécrétée par jour est très-variable; d'après Lampérière, elle serait en moyenne de 1,350 grammes, c'est-à-dire environ 22 grammes par kilogramme de poids du corps. Cette sécrétion commence à la fin de la grossesse et dure environ sept à dix mois (période de la lactation). Le lait sécrété pendant la grossesse et les premiers jours après l'accouchement a reçu le nom de *colostrum*.

**Composition du lait.** — Le lait possède en moyenne 110 à 130 parties de principes solides pour 1,000. Ces principes solides consistent en matières azotées, matières grasses, sucre de lait et sels minéraux; le lait contient en outre des gaz.

1° La plus importante des matières *azotées* est la caséine; c'est elle qui donne cette pellicule qui se forme sur le lait par l'ébullition et qui se précipite dans la coagulation du lait, soit spontanée, soit par les acides. On y rencontre en outre une petite quantité de substance albuminoïde, lactoprotéine de Millon et Commaille. Béchamp a trouvé dans le lait trois substances albuminoïdes distinctes. Le lait contient environ 28 pour 1,000 de caséine.

2° Les matières *grasses* forment les 35 millièmes du lait, dont elles constituent la crème et le beurre, et consistent en palmitine, stéarine et oléine, avec quelques traces de glycérides d'acides gras volatils. Cette graisse se trouve dans le lait sous forme de globules. Les *globules du lait* sont sphériques, fortement réfringents, d'une grosseur variant depuis une petitesse incommensurable jusqu'à un diamètre de 0<sup>mm</sup>,025; leur densité est moindre que celle du lait; la densité des gros globules est plus faible que celle des petits; aussi montent-ils les premiers à la surface (crème). Les globules sont constitués par une gouttelette de graisse entourée d'une membrane albuminoïde (caséine ou reste du protoplasma des cellules glandulaires). Aussi, si l'on agite du lait avec l'éther, la présence d'une membrane d'enveloppe s'oppose à ce que l'éther dissolve la matière grasse, et le lait conserve son aspect d'émulsion; mais si on traite auparavant le lait par la



2° L'eau est dosée par l'évaporation d'une quantité donnée pesée du résidu.

3° La matière grasse peut être dosée par différents procédés :  
 a) On peut mesurer dans une éprouvette graduée ou *crémomètre* la hauteur de la couche de crème qui se forme spontanément après l'addition d'une petite quantité de carbonate acide de sodium. —  
 b) Le procédé de E. Marchand, par le *lactobutyromètre*, on extrait la matière grasse à l'aide d'un mélange d'alcool et d'éther. — c) Le procédé (lactoscope), perfectionné par A. Vogel, est basé sur l'appréciation de l'opacité du lait et la diminution d'opacité qu'il éprouve par l'addition d'une quantité donnée d'eau. — d) Pour la doser exactement, on reprend par l'éther le résidu de l'évaporation dans l'opération précédente (2°), et l'évaporation de l'éther donne le poids de la matière grasse.

4° Le sucre de lait est dosé par la liqueur de Barreswill polarimètre.

5° Les substances minérales sont dosées par l'incinération du lait.

6° La caséine est dosée par différence. (Pour les détails, voir de chimie.)

Voici des analyses comparatives du lait de femme et du lait de vache par différents auteurs :

Pour 1,000 parties.	L A I T.		C O L O S T R U M (	
	Fr. Simon.	Becquerel et Vernois.	9 jours avant terme.	2 <sup>e</sup> terme.
Eau . . . . .	883,6	889,08	858,00	—
Parties solides . . . . .	116,4	110,92	142,00	—
Caséine . . . . .	34,3	39,24	—	—
Albumine . . . . .	—	—	80,00	—
Beurre . . . . .	25,3	26,66	30,00	—
Sucre de lait . . . . .	48,2	43,64	43,00	—
Sels minéraux . . . . .	2,3	1,38	5,40	Non

L'analyse des cendres par Wildenstein donne, pour 10

Chlorure de sodium . . . . .	10,73
Chlorure de potassium . . . . .	26,33
Potasse . . . . .	21,44
Chaux . . . . .	18,78
Magnésie . . . . .	0,87
Acide phosphorique . . . . .	19,00
Acide sulfurique (¹). . . . .	2,64

(¹) Cet acide sulfurique provient du soufre des matières albumineuses.





et une augmentation du sucre de lait; la quantité de beurre serait plus forte de 15 à 20 ans et diminuerait ensuite. — b) *Constitution*. Les recherches sont encore trop peu nombreuses sur ce sujet et elles se contredisent sur plusieurs points; Lhéritier a trouvé le lait des brunes plus riche en principes solides, graisse, beurre et sucre; mais Becquerel et Vernois n'ont pas retrouvé ces différences. — c) *Race*. Le lait des animaux de race pure paraît plus abondant. Il semble y avoir aussi à ce point de vue une sorte d'antagonisme entre les divers principes du lait; les laits riches en caséine sont pauvres en beurre, et inversement; le même antagonisme se retrouve souvent dans le lait de femme.

3° *Variations fonctionnelles*. — a) *Alimentation*. Une nourriture substantielle augmente la quantité de lait; les boissons ont le même effet. Une nourriture exclusivement animale augmente la proportion de graisse du lait, un peu celle de la caséine, et diminue celle du sucre, sans cependant l'abaisser autant qu'on le croyait (Subotin). Une nourriture végétale diminue sa quantité, fait baisser la caséine et le beurre et accroît la proportion de sucre de lait: une alimentation très-riche en graisse n'augmente pas la quantité de beurre et, si elle est portée trop loin, elle diminue et peut même supprimer tout à fait la sécrétion lactée. — b) *Époque de la sécrétion*. Au début de la période de la lactation, le lait a des caractères particuliers et a reçu le nom de *colostrum*. Le colostrum est très-alcalin, d'une coloration jaune, puis blanchâtre (le quatrième jour); il renferme de l'albumine qui se coagule par la chaleur, très-peu de caséine, un excès de beurre et de sucre; il contient, outre quelques globules graisseux, des éléments particuliers, *globules de colostrum*, de 0<sup>mm</sup>,013 à 0<sup>mm</sup>,04 de diamètre, formés par des globules de graisse enfermés dans une enveloppe et qui proviennent des cellules glandulaires. Quelques jours après l'accouchement, le lait acquiert ses propriétés normales; les globules du colostrum disparaissent dans les huit premiers jours. Le lait n'a pas du reste la même composition pendant toute la période de la lactation; la caséine et le beurre augmentent jusqu'au deuxième mois et diminuent, la première à partir du dixième mois, le second à partir du cinquième ou du sixième; le sucre diminue dans le premier mois et augmente à partir du huitième; enfin les sels augmentent dans les cinq premiers mois et diminuent ensuite progressivement. Le



Si on range ces différents laits d'après leur richesse on a le tableau suivant :

Eau.		Albuminates.		Beurre.		Sucre de lait et sels.	
Jument..	828,37	Jument..	16,41	Anesse..	12,56	Femme..	45,02
Brebis ..	839,89	Anesse..	20,18	Femme..	26,66	Vache...	45,85
Vache...	857,05	Femme..	39,24	Vache...	43,05	Chèvre..	46,26
Chèvre..	863,58	Chèvre..	46,59	Chèvre..	43,57	Brebis ..	47,79
Femme..	889,08	Brebis ..	53,42	Brebis ..	58,90	Anesse..	57,02
Anesse..	910,24	Vache...	54,04	Jument..	68,72	Jument..	86,50

**Rôle physiologique du lait.** — Le lait constitue la seule nourriture du nouveau-né et ne peut être complètement remplacé par aucun aliment. Il contient toutes les substances nécessaires à la constitution, à la réparation des tissus et à l'activité vitale, albuminates, hydrocarbonés, graisses et sels minéraux, et il les contient en proportions différentes de celles qui seraient nécessaires à l'alimentation d'un adulte ; il y a surtout à remarquer la grande quantité de graisses et de phosphates terreux.

**Bibliographie.** — BOUCHARDAT et QUÉVENNE : *Du Lait*, 1857. — BECQUEREL et VERNONIS : *Annales d'hygiène*, t. XLIX et LXIX. — MARCHAND (Ch.) : *Du Lait et de l'allaitement*. Paris, 1874.

## 2. — MATIÈRE SÉBACÉE ET CÉRUMEN.

La *matière sébacée* est sécrétée par les glandes du même nom. C'est une matière huileuse, semi-liquide, qui, à l'air, se solidifie en une sorte de masse graisseuse blanche. Au microscope, on y trouve des cellules adipeuses, de la graisse libre, des lamelles épithéliales et quelquefois des cristaux de cholestérine.

La matière sébacée contient de l'eau, une matière albuminoïde analogue à la caséine, de la graisse (30 p. 100) qui consiste surtout en palmitine et oléine, des savons (palmitates et oléates alcalins), de la cholestérine, des sels inorganiques, chlorures et phosphates alcalins, et surtout des phosphates terreux.

Le *cérumen*, sécrété par les glandes cérumineuses du conduit auditif externe, est une substance onctueuse, jaunâtre, amère, constituée principalement par des gouttelettes graisseuses, mélangées à des lamelles épidermiques et à des cellules adipeuses. Il contient chez l'homme, d'après Pétrequin et Chevalier, pour 1,000 parties : eau, 100 ; matières grasses, 260 ; corps solubles dans l'eau, 140 ; corps solubles dans l'alcool, 380 ; corps insolubles, 120.



La sécrétion spermatique ne commence que de 12 à 15 ans; mais le sperme ne contient pas encore de spermatozoïdes. Ceux-ci n'apparaissent qu'à l'âge de 18 à 20 ans (Mantegazza). La sécrétion testiculaire continue jusque dans un âge très-avancé, mais les caractères physiques du sperme sont modifiés: en général sa consistance diminue et il prend une coloration plus foncée, due à la présence de plaques grisâtres (sympexions) qui proviennent des vésicules séminales; cependant les spermatozoïdes existent encore, quoique plus rares, dans le sperme des vieillards (Duplay, Dieu).

Toutes les causes qui excitent l'érection (voir ce mot) augmentent la sécrétion spermatique.

Les différents liquides qui se mélangent au sperme pur présentent les caractères suivants :

Le liquide fourni par les *glandes du canal déférent* est, d'après Robin, peu filant, brunâtre ou gris jaunâtre; il donne au sperme une consistance déjà plus fluide et une coloration brunâtre.

Le liquide des *vésicules séminales* est brunâtre ou grisâtre, quelquefois jaunâtre, plus ou moins opaque, légèrement visqueux; il est riche en albumine. Il contient des cellules épithéliales et des plaques grisâtres (sympexions de Robin).

Le liquide *prostatique* est blanc, laiteux, alcalin et contient 2 p. 100 de matières solides qui consistent surtout en matière albuminoïde et chlorure de sodium.

Le liquide des *glandes de Cowper* est filant, visqueux, alcalin.

D'après Robin, l'odeur spermatique n'existerait dans aucun de ces liquides et ne se développerait qu'au moment de l'éjaculation.

Le sperme est le liquide fécondant; mais le véritable élément fécondant est constitué par les spermatozoïdes auxquels le sperme sert de milieu; il ne fait par conséquent que maintenir leur activité vitale jusqu'au moment de l'éjaculation, et quand cette éjaculation se produit, il les entraîne avec lui et les transporte jusque dans la cavité utérine.

## 2. — MUCUS.

Le mucus est produit par les cellules épithéliales, spécialement par les cellules épithéliales des membranes muqueuses. Aussi































**fistules gastriques** chez d'autres animaux, chat, lapin, etc. Le procédé du reste ne diffère pas. Mais le chien est l'animal le plus commode pour ces sortes d'expériences. Chez les ruminants, la fistule doit être pratiquée sur la caillette, la seule partie qui fournisse du suc gastrique. Sur des lapins porteurs de fistules gastriques, j'ai constaté que l'estomac se vidait complètement dans l'intervalle des digestions, à l'inverse de ce qui existe habituellement.

**Suc gastrique artificiel.** — Il s'obtient en traitant la muqueuse stomacale par la glycérine, et en acidulant la liqueur par l'acide chlorhydrique dilué ou l'acide lactique.

Le suc gastrique, sécrété par les glandes à pepsine de l'estomac, est incolore, très-fluide, d'une limpidité presque parfaite, sauf parfois un peu d'opalescence, d'une odeur *sui generis*, d'une saveur fade, aigrelette. Si on le filtre pour le débarrasser des détritux épithéliaux qui peuvent s'y trouver, il se conserve très-longtemps sans altération. Sa densité est un peu supérieure à celle de l'eau, 1,005 environ, sa réaction fortement acide.

La *quantité* de suc gastrique sécrété dans les vingt-quatre heures est difficile à préciser; on l'a évaluée à un dixième du poids du corps, soit environ 6 kilogrammes, soit 90 grammes par kilogramme de poids du corps. Chez une femme atteinte de fistule gastrique, Bidder et Schmidt ont constaté un écoulement de 500 grammes par heure.

**Composition chimique.** — Chez l'homme, le suc gastrique contient 10 p. 1,000 de principes solides qui consistent en pepsine, un acide libre et des sels.

La *pepsine* est une substance qui se présente sous différents aspects, suivant le procédé d'extraction. Jusqu'ici il a été impossible de l'obtenir à l'état de pureté absolue; le procédé qui donne les meilleurs résultats est celui de Brücke. On fait digérer la muqueuse stomacale à 40° avec de l'acide phosphorique étendu; on neutralise par la chaux; il se précipite du phosphate neutre de chaux, qui entraîne mécaniquement la pepsine; le précipité est lavé, dissous dans l'acide chlorhydrique étendu; on ajoute à la solution de la cholestérine dissoute dans quatre parties d'alcool et une partie d'éther; la cholestérine se précipite avec la pepsine. Le précipité est lavé à grande eau, repris par l'éther; la couche éthérée est décantée et la solution aqueuse restante contient la pepsine pure et l'abandonne par l'évaporation. Ainsi obtenue, la pepsine se présente sous l'aspect d'une poudre grise, amorphe, peu hygroscopique, peu



le chien, le mouton et le cheval: les quatre premières sont dues à C. Schmidt; la dernière à Frerichs :

Pour 1,000 parties.	HOMME. — Suc g. contenant de la salive.	CHIEN. — Suc g. sans salive.	CHIEN. — Suc g. avec la salive.	MOUTON.	CHEVAL.
Eau . . . . .	994,40	973,0	971,2	986,15	982,8
Matières solides . . . .	5,60	27,0	28,8	13,85	17,2
Matière organique . . .	3,19	17,1	17,3	4,05	9,8
Chlorure de sodium. . .	1,46	2,5	3,1	4,36	7,4
Chlorure de potassium. .	0,55	1,1	1,1	1,52	
Chlorure d'ammonium . .	—	0,5	0,5	0,47	
Chlorure de calcium . .	0,06	0,6	1,7	0,11	
Acide libre . . . . .	0,20	3,1	2,3	1,23	
Phosphate de chaux . . )	0,12	1,7	2,3	1,18	
Phosphate de magnésie . }		0,2	0,3	0,57	
Phosphate de fer. . . . }		0,1	0,1	0,33	

Le suc gastrique des carnivores est identique qualitativement à celui des herbivores; les proportions seules d'acide et de pepsine diffèrent et ces substances paraissent être en plus forte proportion dans le suc gastrique des carnivores.

La sécrétion de suc gastrique est intermittente. Elle n'est continue que chez les animaux qui, comme le lapin, ont l'estomac toujours rempli d'aliments. Cette sécrétion peut provenir soit d'excitations portées directement sur la muqueuse, soit d'excitations éloignées. Les irritations mécaniques (chatouillement avec une barbe de plume, présence de sable, etc.), l'eau froide ou glacée, l'éther, déterminent, quand l'estomac est convenablement disposé (voir : *Mécanisme de la sécrétion*), un afflux de suc gastrique, non-seulement au point touché, mais sur toute la surface de la muqueuse. Cette sécrétion est surtout activée par les liquides alcalins, qui sont rapidement neutralisés, et spécialement par la salive; aussi l'arrivée des aliments dans l'estomac produit-elle une sécrétion qui persiste pendant toute la digestion stomacale. Les impressions gustatives et les excitations qui amènent la salivation ont la même influence. Toutes ces causes agissent plus rapidement et avec plus d'intensité si l'estomac est à jeun depuis un certain temps. Au contraire, quand l'estomac est épuisé, après une longue digestion, par exemple, son excitation ne produit plus qu'une sécrétion de mucus stomacal ou de suc gastrique





















chaux prédomine dans le tissu compact, comme l'indique l'analyse précédente. L'influence de l'âge, qui, d'après certains auteurs, amènerait une plus forte proportion de sels terreux, est encore douteuse. Le sexe paraît aussi sans influence. Les os des herbivores sont plus riches en carbonate de chaux que ceux des carnivores. Papillon a montré qu'on peut, en introduisant dans l'alimentation de la magnésie, de la strontiane et de l'alumine, remplacer dans les os une partie de la chaux par ces substances sans altérer la structure et les propriétés de l'os.

Les *dents* doivent être rapprochées des os. Le *cément* a une composition identique à celle de l'os. L'*ivoire* et surtout l'*émail* s'en écartent plus, comme le montrent les chiffres de l'analyse précédente.

2° *Tissu connectif embryonnaire*. — Le tissu connectif embryonnaire ne contient pas de substance collagène, mais bien une substance analogue à la mucine. C'est aussi à ce groupe qu'appartient le corps vitré.

Peut-être faut-il y ranger encore la substance unissante des éléments anatomiques, telle, par exemple, qu'on la rencontre entre les cellules épithéliales; cette substance unissante possède le caractère, très-important au point de vue histologique, de s'imprégner facilement de nitrate d'argent qui se réduit ensuite à la lumière en prenant une coloration noire. (V. Recklinghausen.)

3° Le *tissu élastique* est constitué presque entièrement par de l'élastine et se distingue de tous les autres tissus connectifs par sa résistance à presque tous les réactifs.

4° Les *substances chondrigènes* comprennent en première ligne le cartilage hyalin qui donne de la chondrine par l'ébullition.

Le cartilage contient de 54 à 70 p. 100 d'eau, de la substance chondrigène, un peu de graisse et 2 à 3 p. 100 de sels. Les sels minéraux consistent en phosphates de chaux et de magnésie, chlorure de sodium, carbonate de soude et sulfates alcalins, provenant probablement du soufre des matières albuminoïdes. Ce qui caractérise à ce point de vue le cartilage, c'est la faible proportion de sels de potasse qu'il contient, ce qui s'accorde avec ce fait que le cartilage est dépourvu de vaisseaux. L'âge augmente la proportion de sels minéraux.

La cornée, qui donne non de la gélatine, mais de la chondrine par l'ébullition, doit être rapprochée du cartilage, quoique sa chondrine ne soit pas identique à la chondrine du cartilage.



Le tableau suivant donne des analyses de corps appartenant à ces quatre groupes de substances; les analyses des os et des dents ont été données plus haut :

Pour 1,000 parties.	Derme.	Corps vitré.	Tissu élastique.	Car-tilage.	Cornée.
Eau . . . . .	575,0	986,400	693,0	676,7	758,8
Parties solides . . . . .	425,0	13,600	307,0	323,3	241,2
Albuminoides et dérivés . .	340,7	1,360	273,5	301,3	232,2
Matières extractives . . . .	84,3	3,206	22,7	—	—
Sels . . . . .	—	8,802	11,8	22,0	9,5

Ces analyses sont dues à Wienholt, Lohmeyer, Schultze, Hoppe-Seyler et His.

## 2. — TISSUS CORNÉS.

Les *tissus cornés* comprennent les tissus épithéliaux, l'épiderme, les ongles, les cheveux, les poils et le cristallin. La substance fondamentale de tous ces tissus est la *kératine* (voir *Appendice*, page 70). Le cristallin seul est constitué par une matière un peu différente, *globuline* ou *vitelline* (*cristalline*, de quelques auteurs). Chez l'embryon, le tissu épidermique contient de la substance glycogène. (Cl. Bernard.)

Les tissus cornés sont assez riches en soufre; l'épiderme en contient 0,74 pour 100, les ongles 2,80, les cheveux 4,50.

Les cheveux donnent environ, pour 100 parties, 1,57 de cendres. Voici, d'après Baudrimont, la composition de ces cendres pour les diverses couleurs de cheveux :

Pour 100 parties.	CHEVEUX				
	Blancs.	Blonds.	Rouges.	Bruns.	Noirs.
Sulfate de soude . . . . .	22,082	33,177	18,435	—	—
Sulfate de potasse . . . . .	1,417	8,440	7,542	42,936	56,506
Sulfate de chaux . . . . .	13,576	—	—	—	—
Carbonate de soude . . . . .	—	—	—	10,080	—
Chlorure de sodium . . . . .	Traces.	Traces.	0,945	2,453	3,306
Carbonate de chaux . . . . .	16,181	9,965	4,033	5,600	4,628
Carbonate de magnésie . . . .	5,011	3,363	6,197	4,266	2,890
Phosphate de chaux . . . . .	20,532	9,616	10,296	10,133	15,041
Oxyde de fer . . . . .	8,388	4,220	9,663	10,866	8,099
Silice . . . . .	12,308	30,717	42,462	10,666	6,611

Le *cristallin* a la composition suivante (Berzélius) chez le bœuf :

Pour 1,000 parties.

Eau . . . . .	580,0
Matières solides . . . .	420,0
Globuline . . . . .	359,0
Fibres du cristallin . . .	24,0
Extrait alcoolique . . . .	24,0
Extrait aqueux . . . . .	13,0

Il contient en outre un peu de matières grasses et de la cholestérine.

### 3. — TISSU MUSCULAIRE.

Le tissu musculaire se compose chimiquement de deux parties : la substance musculaire proprement dite ou *plasma musculaire*, et un résidu insoluble formé par le sarcolemme, des noyaux et un peu de graisse. La nature chimique de ces différentes substances, ainsi que des *sarcous éléments*, est très-incertaine.

Le *plasma musculaire* est liquide sur le vivant, neutre ou faiblement alcalin, et spontanément coagulable. Il doit cette coagulation spontanée à une substance particulière, la myosine, et après la coagulation il reste un liquide, le sérum ou suc musculaire.

La *myosine* ou caillot musculaire est transparente, gélatineuse, spontanément coagulable et comme la fibrine décompose l'eau oxygénée. Sa coagulation est accélérée par la chaleur (+40°), l'eau distillée, les acides étendus, l'ammoniaque, etc.; elle est retardée par le froid; les acides la transforment en syntonine.

Le *sérum musculaire* contient les substances suivantes :

1° Des albuminoïdes, albuminate de potasse, albumine ordinaire et caséine;

2° Des traces de ferments, pepsine (Brücke) et ptyaline (Piotrowsky);

3° Une matière colorante, qui, d'après Kühne, serait différente de l'hémoglobine du sang;

4° Des principes azotés, créatine, créatinine, xanthine, hypoxanthine, carnine, acide inosique, taurine, acide urique et urée;

5° Des principes non azotés, acide sarcolactique, inosite, un

autre sucre musculaire d'une espèce particulière (Meissner); substance glycogène (fibres musculaires des nouveau-nés; Cl. Bernard); dextrine (chair des jeunes animaux; Schérer et Limpricht); glycoses; acides gras (formique, acétique, butyrique) et traces de graisses;

6° Des sels où dominant les phosphates et la potasse (analogie avec les globules sanguins); mais la proportion de potasse par rapport à la soude y est bien plus considérable que dans ces derniers; pour 100 parties de soude on trouve de 214 (renard) à 497 (brochet) parties de potasse;

7° De l'eau qui forme près des trois quarts du poids du muscle (homme, 72,4 p. 100; femme, 74,4 p. 100);

8° Des gaz dans les proportions suivantes pour 100 parties de muscle (Szumonski):

Acide carbonique . . . . .	14,40 %
Azote. . . . .	4,90
Oxygène. . . . .	0,09
Total. . . . .	19,39

Voici, d'après V. Bibra, l'analyse quantitative de la chair musculaire dans diverses espèces animales:

Pour 1,000 parties.	Homme.	Bœuf.	Veau.	Canard sauvage.	Carpe.	Gre- nouille.
Eau . . . . .	744,5	776,0	780,6	717,6	797,8	804,3
Matières solides .	255,5	224,0	219,4	282,4	202,2	195,7
Albumine. . . . .	19,3	19,9	12,9	26,8	23,5	18,6
Glutine. . . . .	20,7	19,8	44,2	12,3	19,8	24,8
Extrait alcoolique.	37,1	30,0	12,9	41,2	34,7	34,6
Graisse. . . . .	23,0	—	—	25,3	11,1	1,0
Vaisseaux, etc. . .	155,4	154,3	149,4	176,8	113,1	116,7

La quantité de créatine varie dans la chair musculaire de 0,6 à 3,5 p. 100.

La viande de bœuf fraîche laisse par la calcination 1,46 à 1,63 p. 100 de cendres. Ces cendres ont la composition suivante:

Pour 1,000 parties.	Cheval.	Bœuf.	Veau.	Porc.
Potasse. . . . .	39,40	35,94	34,40	37,79
Soude . . . . .	4,86	—	2,35	4,02
Magnésie. . . . .	3,88	3,31	1,45	4,81
Chaux . . . . .	1,80	1,73	1,99	7,54



Pour plus de détails, voir : *Constitution chimique des centres nerveux.*

## ARTICLE DEUXIÈME. — CHIMIE DES ORGANES.

### 1. — CENTRES NERVEUX.

Les centres nerveux, envisagés d'une façon générale, comprennent dans leur composition les substances suivantes :

1° Une matière albuminoïde particulière, analogue à la caseïne;

2° De la lécithine et de la cérébrine ; le protagon de Liebreich est probablement qu'un mélange de ces deux corps;

3° Des matières extractives azotées, créatinine, créatine, leucine, xanthine, hypoxanthine, urée, acide urique;

4° Des matières non azotées, graisses et acides gras à l'état de sels alcalins, cholestérine (11,5 à 7,7 pour 1,000 d'après Flint), lactate (0,1 à 0,8 pour 1,000 dans le cerveau de bœuf, Newkomm), acide lactique. On voit que les matières extractives de la substance nerveuse ressemblent beaucoup à celles du muscle.

Des sels analogues à ceux du globule sanguin et où dominent les phosphates et la potasse; ces sels ont la composition suivante (Breed) :

Pour 100 parties.	Cerveau.
Potasse . . . . .	32,42
Soude. . . . .	10,69
Magnésie. . . . .	1,23
Chaux. . . . .	0,72
Chlorure de sodium . . . . .	4,74
Phosphate de fer . . . . .	1,23
Acide phosphorique combiné . . . .	39,02
Acide phosphorique libre . . . . .	9,15
Acide sulfurique. . . . .	0,75
Silice . . . . .	0,42

Les diverses parties des centres nerveux n'ont pas, du reste, la même composition chimique; la moelle épinière est plus riche en eau et plus riche en matières solubles dans l'éther, on trouve même des différences entre les diverses parties du cerveau et de la moelle. La moelle allongée est la partie la plus riche en matières solubles dans l'éther (V. Bibra); les couches

optiques et les corps striés, par contre, contiennent le moins de graisses. En général, il y a une proportion inverse entre la quantité de graisse d'une région et sa richesse en eau. La substance grise est beaucoup plus pauvre en graisse que la substance blanche.

Cette différence, eu égard à la quantité de graisse, entre la substance blanche et la substance grise n'existe pas chez l'embryon (Schlossberger). Les centres nerveux contiennent aussi chez lui une plus grande quantité d'eau. Par les progrès de l'âge la proportion de graisse du cerveau diminue, tandis que les albuminates paraissent augmenter; la proportion d'eau ne paraît pas en être influencée.

La composition des nerfs se rapproche de celle des centres nerveux.

## 2. — FOIE.

La réaction du foie frais est alcaline; après la mort, elle est acide (transformation de la substance glycogène en acide lactique?). Le foie renferme 60 à 70 p. 100 d'eau, des substances albuminoïdes de nature diverse, de la substance collagène, des matières extractives, sarcine, xanthine, leucine, acide urique, urée (pendant la digestion, d'après Heynsius), des graisses, de la cholestérine, de la matière glycogène, de la glycose, de l'inosite (bœuf), de l'acide lactique, des sels à acides gras volatils et des substances minérales (1 p. 100). La créatine, la créatinine et la tyrosine y sont absentes.

Le tableau suivant donne les analyses du foie de l'homme et de quelques animaux par V. Bibra :

Pour 1,000 parties.	Homme.	Bœuf.	Veau.
Eau. . . . .	761,7	713,9	728,0
Matières solides. . . .	238,3	286,1	272,0
Tissus insolubles . . .	94,4	121,3	110,4
Albumine soluble . . .	24,0	16,9	19,0
Gélatine . . . . .	33,7	65,1	47,2
Matière extractive . . .	60,7	53,1	71,5
Graisse . . . . .	25,0	29,6	23,9

Les cendres du foie, d'après Oidtmann, ont la composition

suivante; j'y joins deux analyses des cendres de la rate, par le même auteur, comme point de comparaison :

Pour 100 parties.	Foie d'adulte (homme).	Foie d'enfant.	Rate d'homme.	Rate de femme.
Potasse . . . . .	25,23	34,72	9,60	17,51
Soude . . . . .	14,51	11,27	44,33	35,32
Hyposie. . . . .	0,20	0,07	0,49	1,02
Chaux . . . . .	3,61	0,33	7,48	7,30
Chlore . . . . .	2,58	4,21	0,54	1,31
Acide phosphorique . . . . .	50,18	42,75	27,10	18,97
Acide sulfurique. . . . .	0,92	0,91	2,54	1,44
Silice. . . . .	0,27	0,18	0,17	0,72
Oxyde de fer . . . . .	2,74	5,45	7,28	5,82
Oxydes métalliques . . . . .	0,16		0,14	0,10

On voit, en comparant cette analyse à celle des cendres de tissu musculaire (page 173), qu'il y a une grande ressemblance dans leur composition. Les métaux, autres que le fer, trouvés dans le foie sont du manganèse, du cuivre et du plomb, qui sont introduits par l'alimentation. En outre, on retrouve dans le foie les autres métaux ingérés : mercure, zinc, arsenic, antimoine.

La quantité de *glycose* du foie varie de 0,79 à 2,70 p. 100. Pour les causes qui la font varier, voir : *Glycogénie*.

La *substance glycogène* peut s'extraire du foie par le procédé suivant : On coagule le foie par l'eau bouillante; on le triture avec du noir animal et on filtre; le liquide est traité par l'alcool, qui précipite la matière glycogène et l'albumine. On redissout le précipité dans l'eau et on précipite une seconde fois par de l'alcool ou par de l'acide acétique cristallisable.

La *graisse* du foie est sujette à de grandes variations. Frerichs a démontré que la quantité de graisse du foie est sous la dépendance immédiate de l'alimentation; il excisa un fragment de foie sur un chien et vit, après vingt-deux heures d'une nourriture riche en graisse, une augmentation de la graisse du foie; il observa aussi l'effet inverse en diminuant la graisse de l'alimentation.

### 3. — ORGANES GLANDULAIRES.

**Reins.** — Le tissu du rein, dépourvu de sang et tout à fait frais, est alcalin, mais il devient très-rapidement acide. Il contient 82 à 84 p. 100 d'eau, de l'albumine, des substances azotées, xanthine, hypoxanthine, leucine, tyrosine, créatine, taurine, de















dédoublément qu'agiraient alors les oxydations. Cependant, ces questions sont encore tellement obscures, qu'il est bien difficile de poser des lois générales et qu'on en est réduit à de simples suppositions.

#### C. — RÉDUCTIONS.

Les phénomènes de réduction, si communs et si importants dans la vie de la plante, n'ont qu'un rôle secondaire dans la vie de l'animal. Pourtant ils se présentent aussi chez lui; ainsi l'acide quinique ingéré se transforme en acide benzoïque, en abandonnant de l'oxygène :  $C^4H^4O^6 = C^4H^4O^2 + 3H^2O + O$ . Mais il n'y a là qu'un phénomène accidentel, tandis que nous trouvons dans la formation de la graisse, aux dépens des hydrocarbonés, un exemple frappant de réduction, telle que celle qui se produit dans les graines huileuses au moment de la maturation; les hydrocarbonés perdent de l'oxygène pour se transformer en graisses.

L'indol et la triméthylamine, qu'on rencontre en petite quantité dans certains liquides de l'organisme, sont probablement dus à des processus de réduction.

#### 2° SYNTHÈSES.

La formation des composés organiques par synthèse dans l'animal vivant est beaucoup moins connue et paraît moins générale que la décomposition. Dans certains cas, cette synthèse se réduit à une simple hydratation; c'est ainsi que la créatinine se transforme en créatine en prenant un équivalent d'eau :  $C^4H^4Az^3O + H^2O = C^4H^4Az^3O^2$ . Un cas un peu plus complexe est fourni par l'apparition de l'acide hippurique dans les urines après l'ingestion d'acide benzoïque; l'acide benzoïque s'unit à la glyco-colle pour former de l'acide hippurique et de l'eau :  $C^7H^5O^2 + C^4H^4Az^3O^2 = C^4H^4Az^3O^2 + H^2O$ .

Quant aux procédés synthétiques par lesquels se forment les diverses matières albuminoïdes et les différents principes qui entrent dans la constitution des tissus, on ne sait à peu près rien de positif. La chimie a bien pu reproduire, par la synthèse organique, une partie des principes azotés ou non azotés qui se trouvent dans l'organisme animal; ainsi l'urée (Wœhler), l'acide



**Ferments :** diastase de l'orge germée; ptyaline ou diastase salivaire; ferment pancréatique; partie soluble de la levûre de bière (Berthelot); morozymase de Béchamp (ferment de la mûre blanche et d'autres végétaux, etc.); toutes les matières albuminoïdes, les tissus et les liquides animaux en voie de décomposition (Maggendie, Berthelot, Lépine), etc.

2° Transformation du sucre de canne en sucre interverti et en glycose. — **Ferments :** ferment inversif du suc intestinal; partie soluble de la levûre de bière (Berthelot);

3° Transformation de glucosides (saligénine, amygdaline, etc.), en glycose et composés divers. — **Ferments :** synaptase ou emulsine;

4° Transformation de la glycérine et de la mannite en glycose. — **Ferment :** tissu testiculaire (Berthelot);

5° Transformation de la glycérine et de la mannite en alcool. — **Ferments :** matières organiques azotées en décomposition (Berthelot);

6° Transformation des graisses en acides gras et glycérine. — **Ferment pancréatique;**

7° Transformation des albuminoïdes en peptones. — **Ferments :** pepsine; ferment pancréatique, etc.

Les produits de la fermentation sont tantôt de simples transformations isomériques (transformation de l'amidon en dextrine), tantôt des hydratations (sucre de canne en glycose), tantôt des dédoublements (fermentation des glucosides). Pour que les fermentations s'accomplissent, il faut l'intervention de certaines conditions d'humidité et de température, conditions qui se trouvent réunies dans l'organisme humain. La réaction du milieu dans lequel se produit la fermentation a aussi son influence, comme on le voit dans les fermentations digestives qui s'établissent tantôt dans un milieu acide, tantôt dans un milieu alcalin.

Ce qui caractérise, d'une façon générale, cette classe de fermentations, c'est que, dans presque tous les cas, les ferments solubles peuvent être remplacés artificiellement par la chaleur et par des substances minérales; ainsi l'acide sulfurique étendu transforme l'amidon en glycose, et cette action de l'acide sulfurique sur l'amidon n'est pas mieux expliquée que celle de la diastase; par la cuisson prolongée, les substances albuminoïdes se transforment en corps identiques aux peptones. Il importe











bactéries et bactériidies dans l'estomac et le gros intestin ; en un mot, suivant l'expression même de Béchamp, *l'animal est réductible au microzyma*. On voit de suite quelle serait la portée de cette théorie si elle était confirmée par les faits. Jusqu'ici cependant elle n'a guère été admise dans la science, mais il faut dire aussi qu'elle n'a pas été soumise encore à un examen sérieux. Les microzymas, du reste, étaient déjà connus depuis longtemps sous le nom de *granulations moléculaires*, mais on ne les considérait pas comme de véritables organismes vivants, on n'y voyait que des particules organiques protéiques ou graisseuses.

**Bibliographie.** — F. MOXOYER : *Des Fermentations*, 1862. — A. GAUTHIER : *Des Fermentations*, 1869. — PASTEUR : *Annales de physique et de chimie et Comptes rendus de l'Académie des sciences*, de 1857 à 1874. — BERTHELOT : *Id. et Chimie organique fondée sur la synthèse*. — BÉCHAMP : *Montpellier médical* ; *passim*, et *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

## CHAPITRE SIXIÈME.

### NATURE DES PRINCIPES DE L'ORGANISME.

Il règne encore une grande obscurité sur la nature et la constitution intime des différents principes de l'organisme. Jusqu'ici nous ne les avons considérés que eu égard à leur formule brute et abstraction faite de toute théorie, et cependant il est impossible de passer sous silence les hypothèses émises sur ce sujet, d'autant plus qu'elles éclaircissent singulièrement la formation de ces principes dans l'économie et aident à comprendre les réactions internes de l'organisme.

Pour l'intelligence de la question, il est indispensable de se reporter aux principes généraux de la chimie organique, tels qu'ils ont été formulés par Dumas, Liebig, Laurent, Williamson, Gerhardt, Chevreul, Wurtz, Berthelot, etc. Aussi les rappellerai-je brièvement en me basant surtout sur les travaux de Berthelot (voir : *Chimie organique fondée sur la synthèse*, et *Chimie organique*).

Les substances organiques peuvent être classées de la manière suivante :

**I<sup>o</sup> Carburés d'hydrogène.** — Ils sont constitués par l'union

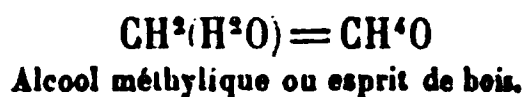
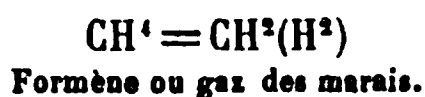
du carbone et de l'hydrogène. Ce sont les plus simples des composés organiques. Exemple : Gaz des marais,  $\text{CH}^4$ .

**2° Alcools.** — Ils sont constitués par du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Ils sont obtenus par la réaction indirecte des éléments de l'eau sur les carbures précédents. Les alcools sont des corps neutres capables de s'unir directement avec les acides et de les neutraliser, formant des éthers, avec séparation des éléments de l'eau.

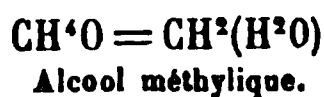
Les alcools se divisent en :

A. ALCOOLS D'OXYDATION ou alcools proprement dits. — Ex. : alcool ordinaire. Ils ont les caractères suivants :

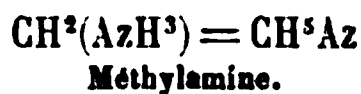
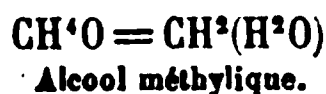
— Ils dérivent des carbures d'hydrogène par substitution des éléments de l'eau à un volume égal d'hydrogène. Ex. :



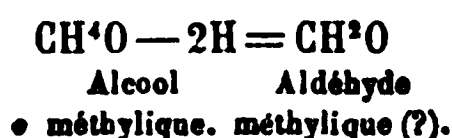
— Avec les acides, ils donnent des éthers par substitution des éléments de l'acide à ceux de l'eau. Ex. :



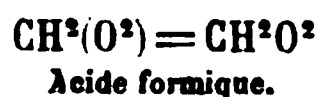
— Avec l'ammoniaque, ils donnent des alcalis, par substitution d'éléments de l'ammoniaque à ceux de l'eau. Ex. :



— En perdant de l'hydrogène, ils donnent des aldéhydes. Ex. :



— En changeant de l'eau contre de l'oxygène, ils donnent des acides. Ex. :



Les alcools d'oxydation sont dits monoatomiques, diatomiques..., tétr-, pent-, hexatomiques, suivant que les molécules d'hydrogène sont remplacées dans le carbure par 1, 2, 3, 4, 5, 6 molécules d'eau. Ex.

Alcool monoatomique. . . .	$\text{CH}^2(\text{H}^2\text{O})$	Alcool méthylique.
Alcool diatomique . . . .	$\text{C}^2\text{H}^2(\text{H}^2\text{O})^2$	Glycol.
Alcool triatomique. . . .	$\text{C}^3\text{H}^2(\text{H}^2\text{O})^3$	Glycérine.
Alcool tétratomique. . . .	$\text{C}^4\text{H}^2(\text{H}^2\text{O})^4$	Érythroglucine.
Alcool pentatomique . . . .	$\text{C}^5\text{H}^2(\text{H}^2\text{O})^5$	Quercite.
Alcool hexatomique. . . .	$\text{C}^6\text{H}^2(\text{H}^2\text{O})^6$	Mannite; glycose.

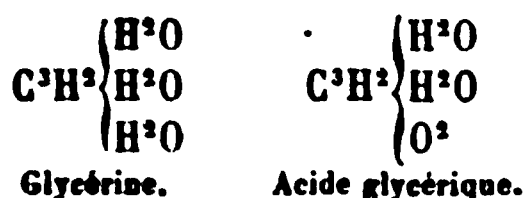






**1. ACIDES A FONCTION COMPLEXE.** — Ils peuvent jouer à la fois le rôle d'acide et le rôle d'alcool, ou d'aldéhyde ou d'éther. On aura donc :

Des *acides-alcools*, comme l'acide glycérique, engendré par la glycérine, alcool triatomique, et qui joue à la fois le rôle d'acide monoatomique et d'alcool diatomique. Ex. :



Des *acides-éthers* ;

Des *acides-aldéhydes* ;

Des *acides-alcalis* ; ex. : la glycocolle.

**2. Éthers.** — D'une façon générale, les éthers représentent la substitution de l'alcool avec un corps, avec séparation des éléments de l'eau.



On peut admettre 6 classes d'éthers, dont voici les formules générales :

1<sup>re</sup> *Éthers composés* = Alcool + Acide — H<sup>2</sup>O.

2<sup>de</sup> *Éthers mixtes* = Alcool + Alcool — H<sup>2</sup>O.

3<sup>de</sup> *Éthers aldéhydes* = Alcool + Aldéhyde — H<sup>2</sup>O.

4<sup>de</sup> *Éthers ammoniacaux* = Alcool + Ammoniaque — H<sup>2</sup>O.

5<sup>de</sup> *Éthers métalliques composés* = Alcool + Hydrure métallique — H<sup>2</sup>O.

6<sup>de</sup> *Éthers mixtes* = Alcool + Carbure d'hydrogène — H<sup>2</sup>O.

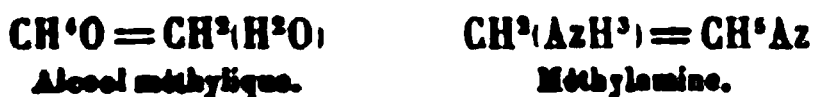
**3. Alcalis.** — Les alcalis organiques contiennent du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Ils sont formés par l'union de l'ammoniaque avec les alcools. L'ammoniaque se substitue aux éléments de l'eau dans les alcools. Ex. :



Les alcalis sont donc des éthers ammoniacaux des alcools (Alcool + ammoniaque — H<sup>2</sup>O). Ils donnent des sels et neutralisent les acides. Les alcalis se divisent de la façon suivante :

**1. ALCALIS DÉRIVÉS DES ALCOOLS MONOATOMIQUES.** — Ils comprennent plusieurs classes.

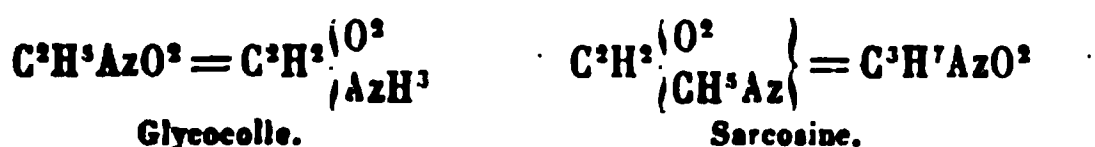
**a. Alcalis primaires.** — L'ammoniaque se substitue aux éléments de l'eau. Ex. :





Ces acides-alcalis s'unissent aux bases et aux acides et engendrent des éthers et des amides. La leucine et la tyrosine sont dans le même cas.

**Alcalis complexes.** — On peut enfin remplacer l'ammoniaque par un alcali quelconque, et on a des alcalis complexes. Ainsi, si dans la glycocolle on remplace l'équivalent d'ammoniaque par un équivalent de méthylamine, on a la sarcosine :



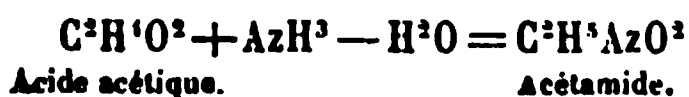
La sarcosine joue le rôle d'alcali-acide et forme aussi des sels et des amides (créatine).

**9° Amides.** — Les amides sont formés par l'union de l'ammoniaque et des acides avec séparation des éléments de l'eau. Leur formule est :  $\text{AzH}^3 + \text{Acide} - \text{H}^2\text{O}$ . Ils diffèrent des sels ammoniacaux par les éléments de l'eau.

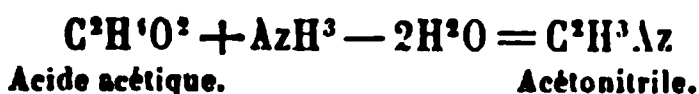
La classification des amides suit celle des acides.

**A. AMIDES DÉRIVÉS DES ACIDES MONOBASIQUES.** — On les divise en plusieurs groupes.

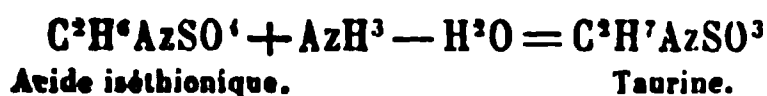
a) *Amides primaires.* — On a une première espèce en enlevant un équivalent d'eau. Ex. :



En enlevant 2 équivalents d'eau, on a une deuxième espèce. Ex. :



La taurine est un amide de cette espèce ; c'est l'amide de l'acide iséthionique, isomère de l'acide sulfovinique :

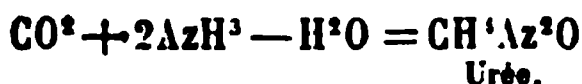


b) *Amides secondaires.* — Formés par l'union de 1 équivalent d'ammoniaque et 2 équivalents d'acide.

c) *Amides tertiaires, etc.*

**B. AMIDES DÉRIVÉS DES ACIDES BIBASIQUES.** — Ils peuvent être mono- ou biammoniacaux, et dans chaque groupe on trouve des amides primaires, secondaires, etc.

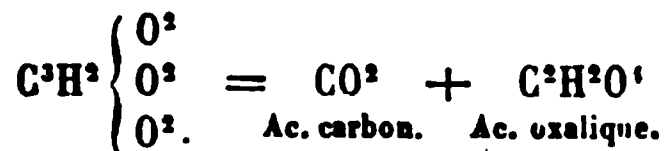
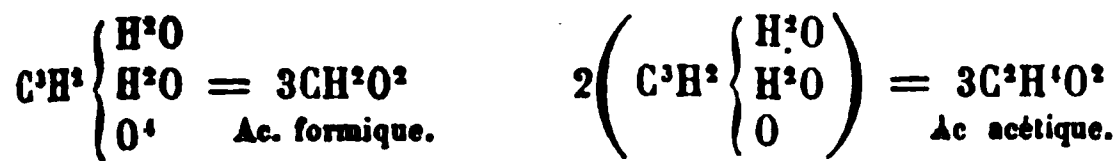
L'urée est un amide biammoniacal de l'acide carbonique :





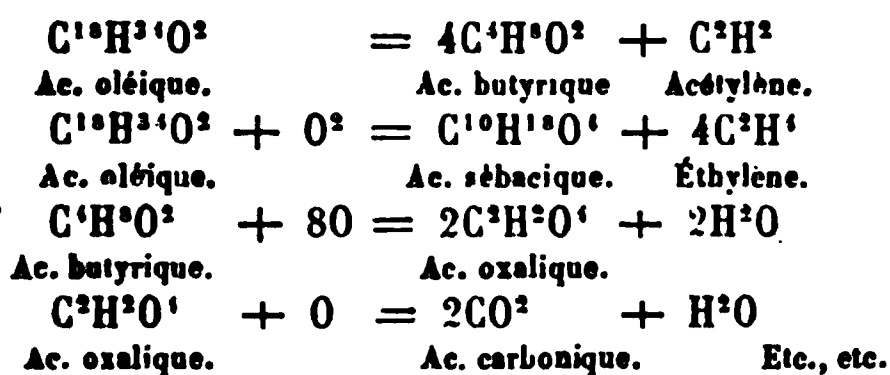






Les acides gras donnent par leur décomposition des acides gras volatils, des carbures gazeux, des acides de la série oxalique, de l'acroléine, de l'acide sébacique, etc.; les produits terminaux sont de l'acide carbonique et de l'eau.

Voici quelques-unes des réactions probables :



La trioléine présente un caractère important au point de vue physiologique; elle s'oxyde à l'air *avec absorption d'oxygène et élimination d'acide carbonique*, c'est-à-dire qu'elle est le siège d'une véritable respiration analogue à celle des tissus. En même temps, elle devient acide et acquiert des propriétés oxydantes énergiques analogues à celles de l'essence de térébenthine. Cette propriété oxydante des graisses joue probablement un rôle dans les combustions intérieures.

**2° Hydrocarbonés.** — Les hydrocarbonés renferment tous six équivalents de carbone ou un multiple de ce nombre, plus de l'hydrogène et de l'oxygène dans les proportions de l'eau. Leur formule sera donc :  $C^n (H^2O)^n$ .

Les hydrocarbonés peuvent être envisagés comme dérivant de la glycose, alcool hexatomique. En effet, il est peu probable que les formules brutes attribuées aux sucres et aux matières amylacées soient les formules véritables, et on est porté, par leurs réactions, à leur donner des formules plus complexes.

Les formules suivantes donnent une idée de la façon dont





beaucoup d'entre eux du moins, identiques aux produits de décomposition des corps gras et des hydrocarbonés. On peut donc supposer qu'ils sont constitués par l'union des corps azotés avec les graisses et les hydrocarbonés, autrement dit des amides d'une très-grande complexité. L'isomérisme joue probablement un grand rôle dans les transformations de ces substances.

**Bibliographie générale.** — DUMAS : *Chimie physiologique et médicale*, 1846. — MIALHE : *Chimie appliquée à la physiologie*. — ROBIN et VERDEIL : *Traité de chimie anatomique et physiologique*, 1853. — LEHMANN : *Précis de chimie physiologique*; trad. par DRION, 1855. — Cl. BERNARD : *Leçons sur les liquides de l'organisme*, 1859. — P. SCHUTTENBERGER : *Chimie appliquée à la physiologie animale*, 1865. — W. KUHN : *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 1868. — RICHE : *Manuel de chimie médicale*, 1870. — F. HOPPE-SEYLER : *Handbuch der physiologisch und pathologisch chemischen Analyse*, 1870. — E. HARDY : *Principes de chimie biologique*, 1871. — MÉHU : *Chimie médicale appliquée aux recherches cliniques*, 1871. — GORUP-BESANZ : *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 1874. — A. GAUTHIER : *Chimie appliquée à la physiologie*, 1874. — Ch. ROBIN : *Leçons sur les humeurs*, 1874. — RITTER : *Manuel de chimie pratique*, 1874. — Voir de plus les *Traité généraux de chimie*, GERHARDT, BERTHELOT, WURTZ, etc.

# TROISIÈME PARTIE

## PHYSIOLOGIE DE L'INDIVIDU

### PREMIÈRE SECTION

#### PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

### CHAPITRE PREMIER

#### PHYSIOLOGIE CELLULAIRE

La forme que présentent à leur origine tous les organismes est la forme cellulaire, et la même chose peut se dire de leurs éléments. Tout organisme, tout élément anatomique est une cellule ou dérive d'une cellule.

L'idée que se faisaient primitivement les auteurs de la théorie cellulaire, Schleiden et Schwann, de la constitution de la cellule s'est aujourd'hui profondément modifiée. La *cellule* (κελος, creux) était pour eux une petite vésicule microscopique composée d'une membrane d'enveloppe et d'un contenu semi-liquide, dans lequel se trouvait un globule, le noyau, pourvu lui-même d'une granulation, le nucléole (fig. 31). Une observation plus précise montra bientôt que la membrane d'enveloppe manquait souvent et que la cellule se composait, dans beaucoup de cas, d'une petite masse demi-solide avec un noyau (Schultze); il n'y avait donc plus là de



Fig. 31  
lu



diverses phases de leur existence. Mais quelles que soient sa forme ultérieure et les modifications qu'elle subit plus tard, il n'en est pas moins vrai qu'à son origine elle présente des caractères particuliers communs à tous les êtres, végétaux et animaux, et constitue une espèce de gangue où la vie va puiser les matériaux de son évolution future. Cette substance primordiale, c'est le protoplasma, c'est la substance vivante par excellence <sup>(1)</sup>.

Pour étudier ce protoplasma, il ne faut pas s'adresser aux organismes supérieurs ni aux éléments spécialisés de ces organismes; il faut s'adresser, au contraire, aux organismes inférieurs ou aux éléments naissants des êtres plus perfectionnés; c'est là qu'on peut l'étudier avec le plus de facilité.

Le protoplasma se présente sous deux aspects : tantôt il est libre, tantôt il est contenu dans l'intérieur d'une cellule.

**1° Protoplasma libre.** — Pour en donner une idée, il suffira de prendre un exemple dans chacun des deux règnes animal et végétal.

A. MYXOMYCÈTES. — Les myxomycètes sont des champignons qu'on rencontre sur les feuilles ou les bois pourris, sur le tige qui fleurit. Dans une phase de leur développement (de Bary), leurs spores donnent naissance, après plusieurs transformations <sup>(2)</sup>, à des masses protoplasmiques analogues à des amibes (voir plus loin) qui finissent par se réunir pour constituer des masses volumineuses de protoplasma, appelées *plasmodies* (fig. 33, page 207). Ces plasmodies sont formées par une substance granuleuse à bords hyalins, et présentent des mouvements de deux espèces : 1° un mouvement de courant qui se fait avec une vitesse variable et dans différentes directions, et qui est rendu

<sup>(1)</sup> Malgré les objections de Ch. Robin, dont je ne méconnais pas la valeur, j'ai cru devoir conserver le nom de protoplasma, employé généralement aujourd'hui. (Voir : Ch. Robin, *Anat. et Physiol. cellulaires*, p. 243.)

<sup>(2)</sup> Voici, d'après de Bary, la série des transformations. Les spores sont contenues dans des réceptacles ou *sporangies*. A l'époque de la maturité, les sporangies s'ouvrent et laissent échapper les spores. La spore est constituée par une membrane vésiculaire et un contenu protoplasmique; une fois libre, au bout d'un temps variable, la spore se gonfle, sa membrane se déchire et la masse de protoplasma qu'elle contenait sort en s'effilant par un bout, et se transforme en une sorte de corpuscule amiboïde cilié (*Schwärmer*). Ces spores ciliées en se soudant, après avoir perdu leur cil, constituent la *plasmodie*, qui, à son tour, donne naissance aux sporangies et aux spores.





















tension cellulaire hydrostatique, qui joue un si grand rôle dans la plupart des phénomènes de la vie végétale, a été jusqu'ici peu étudiée dans la vie animale où elle paraît pourtant avoir aussi une très-grande importance; elle ne doit pas être confondue avec la tension qui résulte de l'accroissement et qui est plus considérable dans les parties qui s'accroissent le plus.

**Nutrition cellulaire.** — Les mutations matérielles de la cellule consistent en deux ordres de phénomènes, assimilation et désassimilation.

Par l'assimilation, la cellule prend dans le milieu qui l'entoure les matériaux nécessaires qu'elle convertit en sa propre substance ou qu'elle doit utiliser pour les phénomènes de son activité vitale. Cette assimilation comprend deux phases bien distinctes et qu'il importe de ne pas confondre : 1° une phase dans laquelle la cellule transforme, de manière à les rendre utilisables, les substances qu'elle prend au milieu qui l'entoure; 2° une phase dans laquelle ces substances transformées deviennent partie intégrante de la cellule : formation de la matière organique, formation de la substance organisée vivante. La première phase de l'assimilation, celle de formation de la matière organique, très-développée dans la cellule végétale, est au contraire rudimentaire dans la cellule animale qui se trouve en présence de matières organiques déjà formées dans la plante; la seconde phase, celle d'intégration ou de vivification, existe à la fois dans la cellule végétale et dans la cellule animale; mais elle est beaucoup plus importante chez cette dernière, chez laquelle l'usure incessante exige une réparation incessante de la substance vivante.

La désassimilation consiste en une oxydation soit de la substance même de la cellule, soit des matériaux en contact avec elle, mais non employés à sa réparation, et cette oxydation, liée à un dégagement de forces vives, prédomine dans la cellule animale.

A côté de ces deux grands actes de la nutrition cellulaire se placent des phénomènes accessoires. Les cellules semblent choisir, dans le milieu qui les entoure, certaines substances de préférence à d'autres et ne laissent pénétrer que celles-là dans leur intérieur; c'est ce qu'on a appelé *affinité élective* de la cellule. Les cellules éliminent les produits de l'usure de leur

















physiologie se confond avec celle des tissus auxquels ils se rattachent.

L'exposé des différentes théories émises sur l'origine, la constitution et la signification de la cellule, et ce qu'on appelle en un mot *théorie cellulaire*, ne rentre pas dans le cadre de cet ouvrage.

**Bibliographie.** — SCHLEIDEN : *Beiträge zur Phytogenese* (Archiv. für Anat., 1838). — SCHWANN : *Mikr. Untersuchungen*, etc., 1838. — M. SCHULTZE : *Das Protoplasma*, 1863. — W. KUHN : *Untersuch. über das Protoplasma*, 1864. — W. HOFMEISTER : *Die Lehre von der Pflanzenzelle*, 1867. — Ch. ROBIN : *Anatomie et Physiologie cellulaires*, 1873. — R. VIRCHOW : *la Pathologie cellulaire*; trad. par P. PICARD; rev. par STRAUS, 1874. — Consulter en outre les *Traité d'histologie*.

## CHAPITRE DEUXIÈME.

### PHYSIOLOGIE DES TISSUS OU HISTOPHYSIOLOGIE.

Au point de vue physiologique comme au point de vue anatomique, les éléments et les tissus peuvent être divisés en deux grandes classes : les éléments (et les tissus) superficiels ou épithéliaux et les éléments (et les tissus) profonds qui comprennent tous les autres. La différence des rapports des deux classes avec le milieu extérieur a pour conséquence une différence essentielle dans leur mode de nutrition. Situés dans l'intimité de l'organisme et n'ayant avec le milieu extérieur que des rapports indirects par l'intermédiaire du sang et des tissus épithéliaux superficiels, les tissus profonds ne peuvent éliminer leurs déchets et les produits de leur usure que sous une forme qui leur permette de traverser les membranes des vaisseaux et les membranes épithéliales : liquides ou particules d'une ténuité extrême ; leur destruction est donc partielle, *moléculaire*, et il en est de même de leur renouvellement ; les matériaux constituant d'une fibre musculaire, par exemple, sont incessamment usés et éliminés au dehors et remplacés par des matériaux nouveaux sans que la fibre musculaire elle-même paraisse éprouver de changements appréciables ; la substance change, la forme reste. Pour les éléments épithéliaux, il n'en est plus de même ; placés à la limite de l'organisme, ils n'ont plus besoin de verser dans un milieu intermédiaire, le sang, leurs produits de déchet ; ils les éliminent directement sans être obligés de leur faire subir une liquéfaction



tomique caractéristique, le globule blanc ou leucocyte, déjà étudié à propos du sang et de la lymphe, globule blanc dont le rôle formateur est considérable, comme on l'a vu pour les globules rouges, et, d'après certains auteurs, A. Visconti entre autres, s'étendrait à tous les éléments et à tous les tissus. Un autre caractère de ces lacunes, c'est que, dès qu'elles prennent une certaine importance et qu'elles se perfectionnent en se délimitant, elles se tapissent de lamelles aplaties analogues aux lamelles épithéliales; c'est là ce qui constitue l'*endothélium*, rangé à tort à côté des épithéliums, mais qui, en réalité, appartient aux tissus connectifs. Le revêtement dit épithélial des séreuses, celui des vaisseaux, les cellules de Ranvier des tendons, etc., appartiennent à l'*endothélium*. Les endothéliums se distinguent des épithéliums parce qu'ils sont ordinairement simples (sauf dans les synoviales), qu'ils ne présentent jamais de glandes et enfin parce qu'ils proviennent tous du feuillet moyen du blastoderme, tandis que les épithéliums proviennent des deux autres feuillets.

Outre les globules blancs qui en constituent l'élément caractéristique, les tissus connectifs contiennent d'autres éléments cellulaires spéciaux à tel ou tel groupe de ces tissus; telles sont les cellules plasmatiques et pigmentaires, les cellules adipeuses, les cellules cartilagineuses, les cellules osseuses; mais je renvoie pour leur description aux traités d'histologie.

Excepté pendant la période de développement embryonnaire (*fig. 39*, page 227), les tissus connectifs ne sont jamais constitués par une agglomération pure et simple de cellules. Il s'interpose toujours, entre les éléments cellulaires, une certaine quantité de substance fondamentale, amorphe ou fibrillaire, variable pour chaque groupe de tissu connectif. Sans entrer ici dans des détails histologiques qui sont décrits dans les ouvrages spéciaux, je me contenterai de donner le tableau résumé de ces diverses formes :

1° Tissus connectifs proprement dits :

- a) Tissu muqueux; ex. : corps vitré.
- b) Tissu réticulé; ex. : réticulum des ganglions lymphatiques.
- c) Tissu fibreux; ex. : tendons, aponévroses, tissu cellulaire.
- d) Tissu adipeux; ex. : graisse.

2° Tissu élastique.

3° Tissu cartilagineux :

- a) Cartilage hyalin.













liquides qui, au point de vue chimique, peuvent être considérés comme des solutions salines de substances albumineuses, et, au point de vue de l'endosmose, comme des solutions de colloïdes ou de cristaalloïdes. Ces liquides imbibent donc les membranes connexives, et les lois de cette imbibition paraissent être à peu près les mêmes que celles de l'imbibition des corps poreux, cependant avec quelques restrictions. En effet, si l'histologie démontre dans certains tissus connectifs, par exemple les tendons, de véritables canalicules capillaires comparables aux pores des membranes artificielles, il en est d'autres dans lesquels ces pores ne sont pas loin d'être démontrés. Il faut donc distinguer l'*imbibition laire*, dans laquelle le liquide d'imbibition pénètre dans des espaces préformés, et l'*imbibition moléculaire*, comparable au passage des colloïdes dans un liquide, et dans laquelle le liquide pénètre dans les espaces qui séparent les molécules de la membrane imbibée. Cette imbibition moléculaire présente certaines conditions importantes à connaître. La première, c'est que les tissus, en s'imbibant, augmentent de volume; mais l'augmentation de volume ne correspond pas à la quantité de liquide introduite, et H. Quincke a démontré que cette imbibition est accompagnée d'une contraction. Une seconde condition, c'est que les tissus s'imbibent plus dans l'eau distillée que dans une solution saline et que, par conséquent, le liquide qui imbibit une membrane sera moins concentré que le liquide dans lequel la membrane est plongée; ceci explique pourquoi les transsudats séreux sont en général moins concentrés que le plasma sanguin.

L'imbibition est la condition essentielle des phénomènes osmotiques. Pour que des liquides puissent traverser une membrane, il faut que cette membrane puisse s'imbiber, puis être mouillée par ces liquides. Aussi les membranes connexives, dépourvues de pores, ne se laissent traverser que par les solutions aqueuses et les liquides miscibles à l'eau; elles constituent donc une barrière insurmontable aux liquides gras, aux émulsions grasses, quelque finement divisées qu'elles puissent être.

Les liquides peuvent traverser les membranes connexives sous deux influences diverses: par filtration et par endosmose.

Dans la *filtration*, le liquide traverse la membrane sous une certaine pression; c'est ainsi que le plasma sanguin trans-

travers la paroi des capillaires sous l'influence de la pression sanguine. Les lois physiques de la filtration sont à peu près applicables aux membranes connectives. Les colloïdes passent difficilement et seulement sous de fortes pressions ; les cristalloïdes, au contraire, passent facilement aux plus faibles pressions.

L'*endosmose* s'exerce lorsqu'une membrane sépare deux liquides miscibles placés dans les mêmes conditions de pression au début de l'expérience ; tandis que, dans la filtration, il n'y a qu'un seul courant et que la membrane n'est traversée que dans un sens, dans l'*endosmose* elle est parcourue par un double courant,

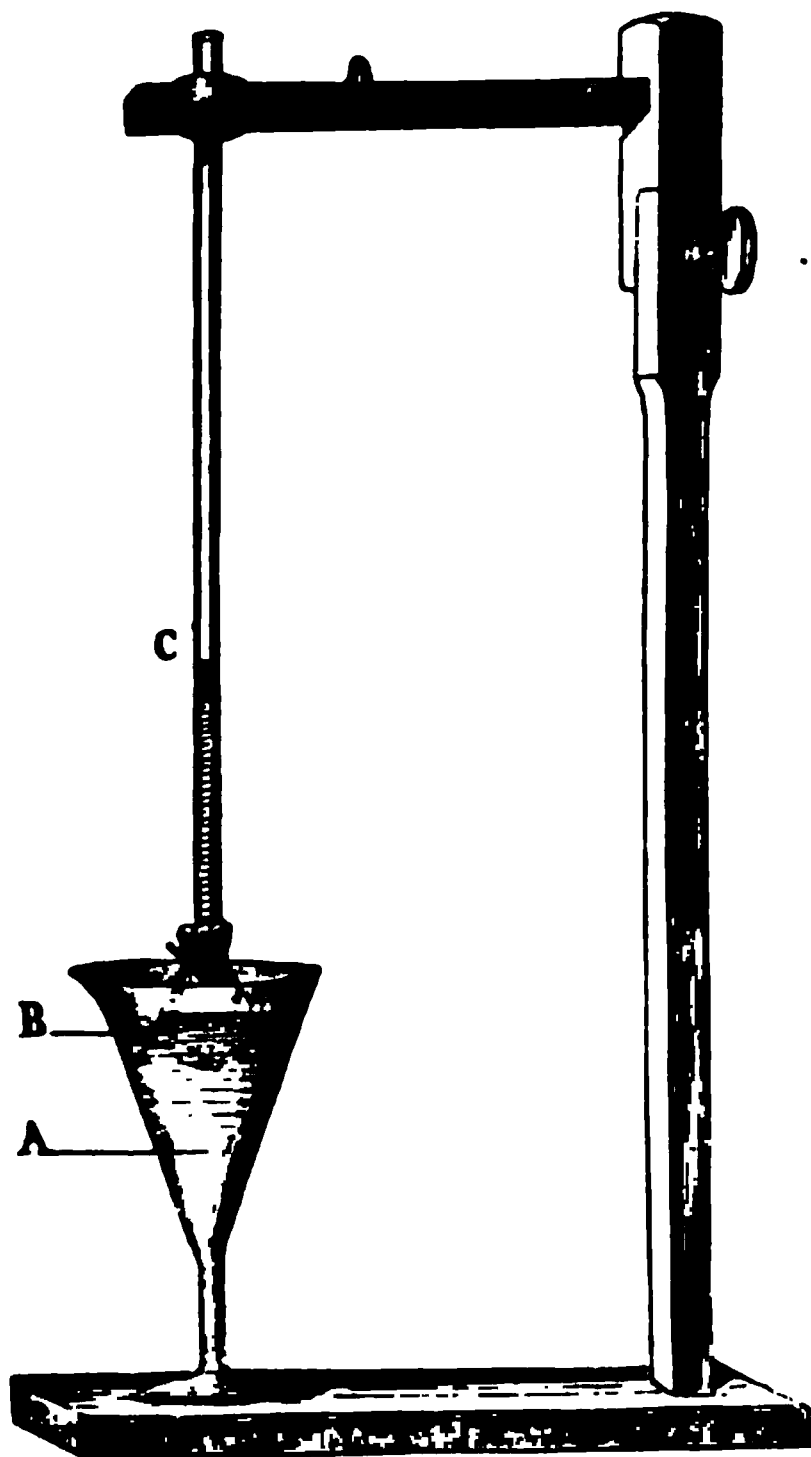


Fig. 40. — Endosmomètre.

l'un de dehors en dedans, l'autre de dedans en dehors. Ainsi, si on place dans l'endosmomètre B (fig. 40) une solution concentrée







suffit pour la réparation, peu active du reste, de leurs éléments; aussi se trouvent-ils sous la dépendance immédiate de ces tissus, dont ils reçoivent leurs matériaux de nutrition; tels sont les rapports du cartilage d'encroûtement avec les extrémités osseuses articulaires. Dans les tissus vasculaires, au contraire, la nutrition se fait directement par le sang.

On ne connaît que très-incomplètement le mode de nutrition des tissus connectifs; on ne sait d'une façon précise ni quels sont leurs produits de déchet ni quels sont leurs matériaux de réparation, et la forme sous laquelle les uns s'éliminent et les autres s'introduisent, nous est à peu près inconnue.

La physiologie des globules blancs sera étudiée à propos des organes lymphoïdes.

La *sensibilité* des tissus connectifs est en général très-peu marquée. Cependant quelques-uns, moelle osseuse, périoste, etc., sont assez riches en filets nerveux et peuvent, dans certains cas, présenter une sensibilité très-vive.

Ces tissus proviennent tous du feuillet moyen du blastoderme.

**Bibliographie.** — *Traité de Physique médicale.* — W. WEBER : *Ueber die Elasticität fester Körper* (Poggendorff's Annalen, 1841). — WERTHEIM : *Mém. sur l'élasticité et la cohésion des principaux tissus du corps humain* (Annales de Chim. et de Phys., 1847). — WUNDT : *Ueber die Elasticität feuchter organischen Gewebe* (Müller's Archiv, 1857). — DUTROCHET : *De l'Endosmose*, 1837. — GRAHAM : *On osmotic forces* (Philos. Trans., 1854). — A. BOUCHARD : *Du Tissue connectif*, 1866.

## 2° PHYSIOLOGIE DES ÉPITHÉLIUMS.

Les tissus épithéliaux sont constitués par une ou plusieurs couches de cellules épithéliales appliquées sur une membrane connective et vasculaire sous-jacente. Quand il n'y a qu'une seule couche de cellules (fig. 41, A, B), l'épithélium est dit *simple*; il est *stratifié* quand ces cellules forment plusieurs couches superposées (fig. 41, C). Les cellules épithéliales juxtaposées ou superposées sont agglutinées ensemble par une sub-

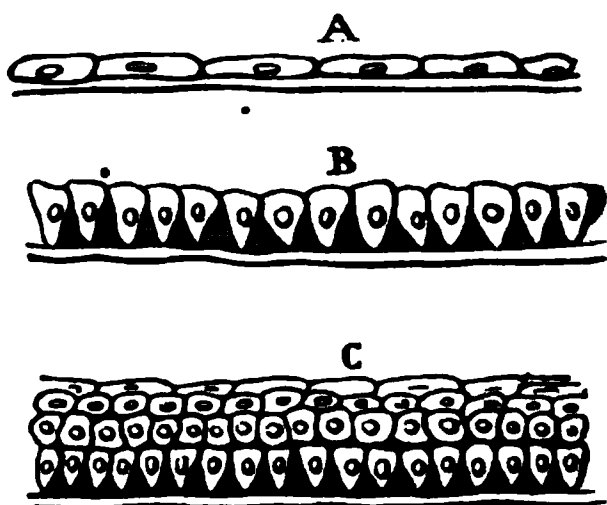


Fig. 41. — Épithéliums.

Fig. 41. — A, épithélium pavimenteux. — B, épithélium cylindrique — C, épithélium stratifié. (Küss.)







La *cohésion* des tissus épithéliaux est en général assez faible, sauf pour le tissu corné; les ongles, les poils, présentent une assez grande résistance à la distension; mais cette résistance à la distension est bien plus faible pour l'épiderme cutané; aussi le voit-on se fendiller quand la distension de la peau est portée trop loin, comme dans la grossesse ou les cas de tumeur abdominale. La résistance à la pression est plus marquée; ainsi l'épiderme du talon supporte tout le poids du corps sans diminution notable de son épaisseur.

L'*élasticité* des tissus épidermiques, comme les poils et les ongles, les seuls pour lesquels on puisse l'apprécier, est très-imparfaite.

Les tissus épithéliaux sont *transparents* et laissent passer assez facilement les rayons lumineux: cette propriété optique acquiert une importance exceptionnelle dans le cristallin et sera étudiée avec la vision.

Ils sont *mauvais conducteurs* de la chaleur et de l'électricité et constituent à ce point de vue une véritable barrière qui diminue la déperdition de chaleur par rayonnement qui se produit à la surface de l'organisme. Les poils surtout jouent un rôle très-important sous ce rapport, spécialement chez certaines espèces animales.

La *capacité d'imbibition* des tissus épidermiques est assez marquée, à moins que ces tissus ne soient recouverts d'un vernis gras, comme sur presque toute la surface cutanée; on sait avec quelle facilité l'épiderme de la paume de la main ou de la plante des pieds (dépourvues de glandes sébacées) se gonfle dans un bain, et l'emploi du cheveu dans l'hygromètre de De Saussure prouve immédiatement le pouvoir hygroscopique des tissus épithéliaux.

Les lois physiques de l'*endosmose*, applicables (ou à peu près), comme on l'a vu plus haut, aux membranes connectives, ne le sont plus exactement aux membranes épithéliales. C'est qu'en effet, ici, un facteur nouveau intervient, l'activité spéciale de la cellule épithéliale, qui modifie les phénomènes de filtration et d'osmose. Il semble y avoir une sorte d'*action élective* par laquelle certaines substances sont arrêtées au passage, tandis que d'autres traversent facilement les membranes épithéliales. Comme



lambeaux d'épithélium, mais qui, à l'état pathologique ou chez des espèces animales, peut porter sur des parties très-étendues ou même sur la totalité du revêtement épithélial. Cette mue épithéliale se fait non-seulement pour l'épiderme cutané, mais encore pour la plus grande partie du revêtement tégumentaire interne; ainsi l'épithélium intestinal paraît tomber dans l'intervalle de chaque digestion. Cette desquamation épithéliale est précédée souvent d'une transformation chimique des cellules (surtout graisseuse). L'élimination des épithéliums est donc totale et non moléculaire comme celle des tissus profonds, et le renouvellement est total aussi; ni le sang, ni la lymphe ne reçoivent, sauf certains cas exceptionnels, les déchets des tissus épithéliaux. Ceci est vrai même pour les tissus épithéliaux qui paraissent le plus profondément situés, comme les glandes dont les conduits excréteurs maintiennent la communication de la surface glandulaire avec la surface tégumentaire, c'est-à-dire avec l'extérieur.

La *sensibilité* des tissus épithéliaux est nulle, mais leur rôle dans les diverses sensations est très-important (voir : *Sensations*); et de plus, il peut s'interposer, entre les éléments épithéliaux purs, des éléments nerveux qui donnent au tissu épithélial une sensibilité d'emprunt, comme dans la cornée.

#### C. — RÔLE PROTECTEUR DES ÉPITHÉLIUMS.

Les épithéliums ont en premier lieu un rôle purement mécanique; partout où des pressions répétées, des frottements, pourraient léser les parties superficielles du corps, l'épithélium, devenu couche cornée de l'épiderme, agit comme organe protecteur; il agit de même en présence des substances chimiques qui détruiraient rapidement les cellules plus délicates des parties profondes. Mauvais conducteur du calorique, l'épiderme, et spécialement ses annexes, poils, cheveux, etc., s'opposent, dans de certaines limites, aux déperditions de chaleur et peuvent aussi prévenir les effets d'une chaleur trop intense; ainsi les cheveux protègent la tête contre l'insolation.

Les épithéliums représentent des adjuvants indispensables de certaines fonctions. Les papilles cornées de la langue et du palais de certains animaux interviennent dans les phénomènes





par cette surface correspond l'absorption facile de cette substance, et *vice versa*.

1° *Absorption des gaz et des substances volatiles par les épithéliums.* — La surface pulmonaire, dont l'épithélium si fragile et si délicat se rapproche tant des endothéliums (Bühl, Debove), occupe la première place à ce point de vue, tant pour l'absorption physiologique de l'oxygène dans la respiration que pour l'absorption accidentelle des gaz et des substances volatiles. La peau, qui, même chez l'homme, est le siège d'une respiration rudimentaire, paraît, d'après les recherches les plus récentes, qui confirment en ce point l'opinion de Bichat, pouvoir absorber les substances volatiles. Pour la muqueuse intestinale, où la respiration est plus rudimentaire encore, cette absorption est probable, sans qu'elle soit démontrée d'une façon positive.

2° *Absorption des liquides et des substances solubles.* — C'est surtout dans l'absorption des liquides et des substances solubles que se montre le mieux la spécialité d'action des surfaces épithéliales. Si l'on s'en tient à l'eau et aux principes que l'eau peut dissoudre, on voit certaines muqueuses, comme la muqueuse pulmonaire, l'absorber en quantité presque illimitée, tandis que l'épithélium vésical paraît presque réfractaire à l'absorption. La muqueuse intestinale, qui absorbe si rapidement la glycose et les peptones, n'absorbe qu'à peine ou très-lentement certaines substances toxiques et les virus. Enfin l'absorption cutanée ne se fait que lorsque l'enduit sébacé de la peau a été enlevé par différents moyens chimiques ou mécaniques.

3° *Absorption de la graisse.* — Le mécanisme de l'absorption de la graisse dans l'intestin sera étudié plus tard (voir : *Absorption digestive*). Partout ailleurs, sauf peut-être la peau dans des circonstances particulières, l'épithélium, imprégné d'eau, est réfractaire à l'absorption graisseuse (voir, pour les détails, le chapitre : *Absorption de la Physiologie spéciale*).

#### E. — ROLE DE L'ÉPITHÉLIUM DANS L'ÉLIMINATION.

##### 1. — EXHALATION.

L'exhalation n'est autre chose que l'élimination des gaz et des substances volatiles. L'exhalation gazeuse physiologique consiste

















à 280 par seconde, et sont tout à fait indépendants du système nerveux et de la circulation, car ils persistent sur des cellules détachées; mais, par contre, le mouvement s'arrête quand les cils sont détachés de la cellule qui les supportait. Ces mouvements subsistent assez longtemps après la mort, et on les a observés encore au bout de trente heures et plus chez des suppliciés (Ordonez, Gosselin, Robin); chez les animaux à sang froid, ils peuvent persister plusieurs jours. Quand ces mouvements sont arrêtés, une solution diluée de potasse ou de soude les fait reparaitre de nouveau (Virchow). L'oxygène favorise le mouvement vibratile; l'acide carbonique et l'hydrogène le font disparaître (Kühne). Quels sont la nature et le mode de ce mouvement? Il ne peut y avoir aujourd'hui le moindre doute, et le mouvement vibratile n'est qu'un cas particulier des mouvements du protoplasma. En effet, le contenu des cils se continue, d'après des recherches récentes, avec le contenu de la cellule épithéliale et les cils se comportent avec les différents réactifs de la même manière que le protoplasma (coagulation à  $+ 40^{\circ}$ , action des alcalis, etc.). Le mouvement vibratile présente aussi de grandes analogies avec le mouvement musculaire; ainsi il n'est pas aboli par le curare, à moins qu'il ne soit en solution très-concentrée.

Ce mouvement vibratile s'observe dans les voies respiratoires (larynx, trachée et bronches, où il est dirigé vers l'extérieur), la muqueuse nasale, les trompes utérines, etc.

Le rôle du mouvement vibratile ne paraît avoir d'importance chez l'homme que dans les voies respiratoires, pour transporter vers le larynx, pour être expulsées par la toux, les mucosités et les poussières qui ont pénétré dans l'arbre aérien avec l'air inspiré. (Voir aussi le chapitre de la *reproduction*.)

**Bibliographie.** — W. HIS : *Die Håute und Håhlen des Kårpers*, 1865. — Ch. ROBIN : *Des Eléments anatomiques et des Epithéliums*, 1867. — E. CABADÉ : *Essai sur la physiologie des épithéliums*, 1867. — HENLE : *Syst. Anatomic*, t. III. — L. RANVIER : *Art. Epithélium*, du *Nouveau Dict. de méd. et de chir. pratiques*, t. XIII. — FARABŒUF : *De l'Epiderme et des Epithéliums*, 1872.

### 3° PHYSIOLOGIE DU TISSU MUSCULAIRE.

#### a. — Tissu musculaire strié.

La fibre musculaire striée (*fig. 46*, page 253) représente le plus haut degré de perfectionnement de la substance contractile. La





















Séguard a trouvé les chiffres suivants pour la durée de l'irritabilité après la mort :

Cabiai . . . . .	8 heures.
Lapin. . . . .	8 $\frac{1}{4}$
Mouton. . . . .	10 $\frac{1}{2}$
Chien . . . . .	11 $\frac{3}{4}$
Chat. . . . .	12 $\frac{1}{2}$

\* Chez l'homme, elle persisterait encore plus longtemps. E. Rousseau a vu le cœur d'une femme guillotinée battre encore 26 heures après la mort. Cette durée varie beaucoup suivant les différents muscles. Cette irritabilité *post mortem* explique les mouvements observés dans certains cas sur des cadavres, surtout dans les cas de choléra. (Brandt.)

**Sensibilité ou sens musculaire.** — L'étude de la sensibilité musculaire sera faite avec les sensations.

#### C. — CONTRACTION MUSCULAIRE.

**Myographie.** — On appelle myographie l'étude de la contraction musculaire à l'aide des appareils enregistreurs; le muscle, en se contractant, fournit lui-même le graphique de son mouvement. Les appareils ont reçu le nom de *myographes*. Le mouvement d'un muscle se décomposant en deux mouvements secondaires, un raccourcissement et un gonflement, les appareils se diviseront en deux classes suivant qu'ils enregistreront le premier ou le second mouvement.

##### A. APPAREILS ENREGISTREURS DU RACCOURCISSEMENT MUSCULAIRE. —

- 1° *Myographe d'Helmholtz* (fig. 48, page 263). Ce myographe, le premier en date, consiste en un cadre métallique mobile autour d'un pivot horizontal et équilibré par un contre-poids. Au milieu de ce cadre s'attachent par un crochet le tendon du muscle en expérience et une balance qu'on peut charger de poids variables. A l'extrémité opposée à son axe de rotation, le cadre supporte une pointe écrivante dont la disposition se voit sur la figure et qui trace les mouvements d'ascension et de descente du muscle sur un cylindre enregistreur vertical. Le défaut principal de cet instrument était sa trop grande masse. —
- 2° *Myographe de Marey* (fig. 49, page 264). La pièce principale de l'appareil est constituée par une plaque métallique horizontale mobile le long d'une tige verticale. Cette plaque supporte l'axe d'un levier enregistreur très-léger, qui se meut dans un plan horizontal; sur ce







recevoir le pouce. Ce ressort communique avec un système de leviers F, F, auxquels se transmet chaque traction exercée sur lui, mouvement qui va s'écrire sur le cylindre enregistreur. Le bras est placé dans un moule en plâtre qui le fixe et ne permet que les mouvements de l'adducteur du pouce. La contraction de ce dernier muscle se fait par l'excitation du nerf cubital.

B. APPAREILS ENREGISTREURS DU GONFLEMENT MUSCULAIRE. — 1° Le gonflement musculaire peut être enregistré, comme dans la figure 51, page 267, par un levier qui repose sur le muscle près de son axe de rotation ; le gonflement du muscle, au moment de la contraction, soulève le levier dont l'extrémité va tracer, sur le cylindre enregistreur, le graphique très-amplifié du gonflement musculaire (Aeby, Marey). — 2° *Pince myographique de Marey*. Cet appareil a l'avantage de pouvoir s'appliquer sans avoir besoin de mettre le muscle à nu. Dans sa disposition primitive, il se composait de deux branches articulées entre elles par leur partie médiane ; une de ces branches pouvait basculer sur l'autre comme un fléau de balance. A une extrémité, ces branches se terminaient chacune par un disque métallique en communication avec les pôles d'une pile, et le muscle (adducteurs du pouce) était placé entre ces deux disques. A l'extrémité opposée, la branche fixe supportait un tambour du polygraphe de Marey, la branche mobile une petite vis verticale. Quand le muscle se contractait, il écartait les deux branches ; celles-ci se rapprochaient à l'extrémité opposée, et la vis venait presser sur le tambour du polygraphe ; la pression se transmettait alors par un tube à un second tambour muni d'un levier enregistreur. Dans la disposition nouvelle, la pince myographique peut s'appliquer à différents muscles et non plus seulement aux muscles du pouce. Les deux disques métalliques entre lesquels se place le muscle sont supportés par deux branches qui peuvent se rapprocher ou s'écarter par un simple glissement, comme dans le compas de cordonnier. Un des disques est supporté par un ressort d'acier et supporte une vis qui, lorsque le muscle se contracte, presse sur le tambour du polygraphe comme dans l'instrument précédent. La pince myographique enregistre très-fidèlement les mouvements qui ne sont pas trop rapides.

Les recherches des physiologistes, et principalement de Marey, ont montré que la contraction musculaire peut se décomposer en une série de petites contractions partielles ou *secousses* fusionnées par l'élasticité musculaire. Pour étudier le phénomène de la contraction, il est donc nécessaire de l'analyser, c'est-à-dire d'étudier à part ces petites contractions partielles.















une ligne tremblée assez régulière dont chacun des soulèvements correspond à une secousse musculaire. Quand le bras est tenu horizontalement étendu, la courbe offre de place en place des soulèvements plus considérables dus à la pulsation artérielle; mais si on tient le coude appuyé de façon à annihiler cette influence du pouls, ces soulèvements disparaissent, les graphiques des secousses musculaires persistent seuls et donnent une ligne finement dentelée très-pure. J'ai trouvé ainsi pour les muscles de l'avant-bras (fléchisseurs des doigts) 10,5 secousses musculaires par seconde. Il est probable que le nombre des secousses varie suivant les muscles et la force de la contraction, car avec 10,5 vibrations par seconde le son musculaire serait trop grave pour être perceptible à l'oreille. Ces secousses sont bien plus prononcées dans le tremblement sénile et dans le tremblement alcoolique, qui ne sont que des exagérations de l'état physiologique.

### 1° *Phénomènes anatomiques de la contraction musculaire.*

Quand le muscle est libre par ses deux extrémités, il se ramasse, au moment de sa contraction, en une masse globuleuse, molle, fluctuante, qui occupe à peine le tiers de sa longueur primitive. Mais, sur le vivant, les deux extrémités étant tendues par la force élastique des antagonistes et la résistance des points d'insertion, le raccourcissement n'atteint jamais ce degré et ne dépasse guère le tiers de la longueur primitive.

L'étendue du raccourcissement dépend, pour chaque muscle, de la longueur des fibres qui le constituent (\*). Pour un muscle donné, ce raccourcissement augmente avec l'intensité de l'excitation et diminue avec la fatigue du muscle.

L'augmentation d'épaisseur ne compense pas exactement le raccourcissement musculaire; il y a en effet une légère diminution du volume du muscle au moment de la contraction. Cette diminution de volume peut se constater en plaçant dans un vase rempli d'eau, et terminé à sa partie supérieure par un tube capillaire vertical, un muscle de grenouille ou un tronçon d'anguille;

---

(\*) Voir : Brauns et Bouchard, *Nouveaux Éléments d'Anatomie*; 2<sup>e</sup> édition, page 212.















plus loin. — 2° *Théorie du dédoublement*. Partant de ce fait que la contraction musculaire peut se faire à l'abri de l'oxygène et que le muscle continue malgré cela à produire de l'acide lactique et de l'acide carbonique, Hermann admet non une oxydation, mais un dédoublement. Le muscle contiendrait une provision d'une substance *inogène* (non encore isolée), azotée, susceptible de se dédoubler en dégageant des forces vives en myosine, acide lactique et acide carbonique; le sang enlève au muscle l'acide lactique et l'acide carbonique, lui laisse la myosine et lui apporte de l'oxygène et une substance non azotée (encore inconnue) qui, avec la myosine, reforme la substance inogène. Cette théorie ne pourra être admise que le jour où on isolera cette substance inogène et son facteur non azoté.

En résumé, le muscle est le siège de phénomènes chimiques, de production de chaleur et de production de mouvement, et il y a certainement entre ces trois phénomènes une liaison intime, mais dont les lois nous sont encore inconnues.

#### D. — RIGIDITÉ CADAVERIQUE.

Peu de temps après la mort, les muscles deviennent le siège d'une raideur et d'une dureté caractéristiques; ils opposent une très-grande résistance à l'extension et, une fois étendus, ne reprennent plus leur longueur primitive; leur tonicité a disparu; après leur section transversale, les deux bouts ne s'écartent pas et restent en contact. Leur cohésion a diminué; ils se laissent déchirer facilement; enfin la substance musculaire a perdu sa transparence.

L'époque de l'apparition de la rigidité cadavérique est très-variable; elle commence d'un quart d'heure à vingt heures après la mort. Sur des lapins soumis à des contractions musculaires excessivement intenses et répétées, je l'ai vue commencer *immédiatement* après la mort. Sur un soldat du Gros-Caillon, elle s'est montrée pendant que le cœur battait encore. Sa durée varie de quelques heures à quelques jours; ordinairement l'apparition tardive coïncide avec une longue durée.

La rigidité cadavérique commence par les muscles de la mâchoire et du cou; elle envahit ensuite successivement les muscles abdominaux, les membres supérieurs, le tronc et les membres inférieurs. Le cœur est atteint aussi par la rigidité cadavérique. Sa disparition se fait dans le même ordre et en général de haut en bas.











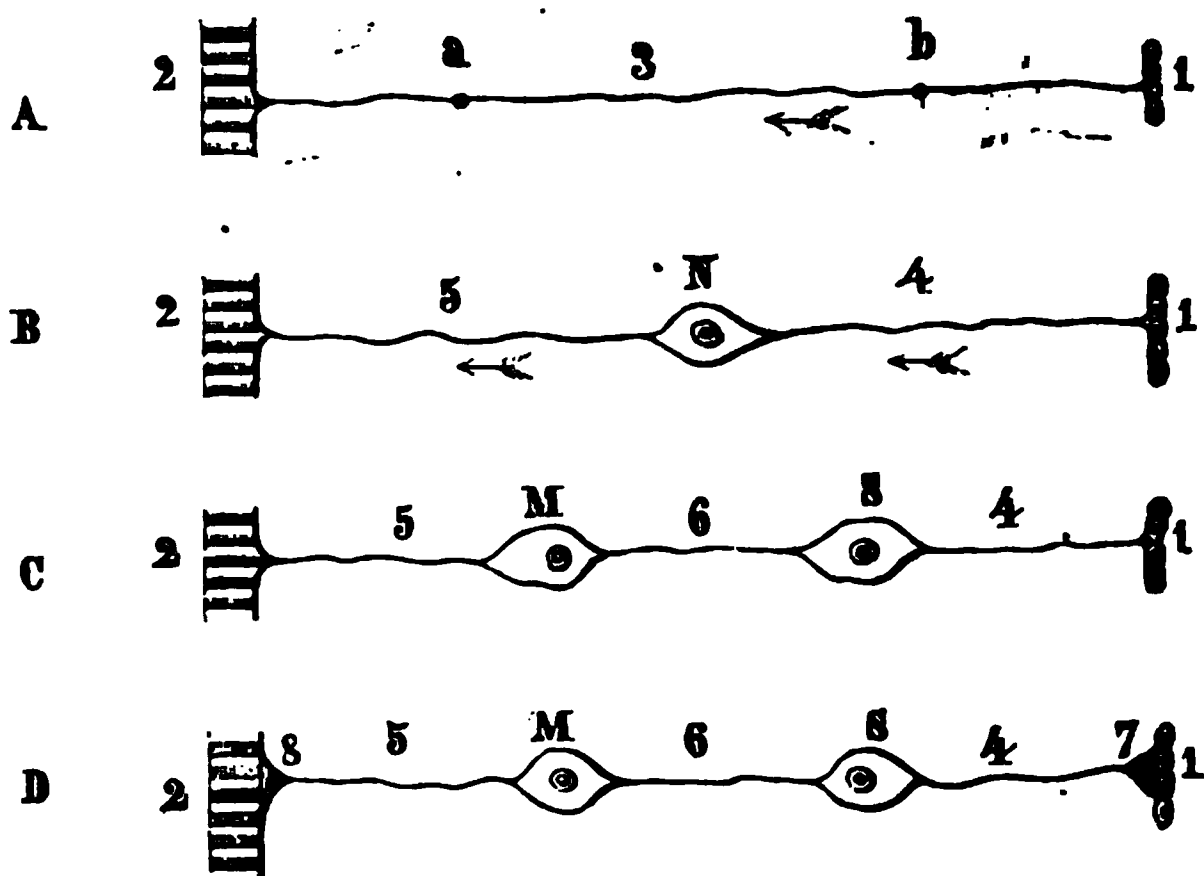






compliqué que dans l'activité d'une fibre musculaire ou d'une cellule épithéliale.

Au point de vue le plus général, le système nerveux représente un appareil qui relie les surfaces sensibles périphériques (peau, muqueuses, organes des sens) aux muscles et à quelques autres organes (glandes, par exemple). On pince la peau de la patte d'une grenouille et on voit cette patte se fléchir par un mouvement qui suit presque instantanément l'excitation cutanée. Si on examine anatomiquement les conditions organiques du phénomène, on trouve (*fig. 59, A*), entre le point de la peau excité (1)



*Fig. 59. — Perfectionnements successifs de l'action nerveuse.*

et le muscle qui se contracte (2), un cordon nerveux (3) qui va sans discontinuité de l'un à l'autre. Si l'on coupe ce cordon nerveux en un point quelconque, *a* par exemple, le pincement de la peau en (1) ne détermine plus de contraction en (2); la continuité du cordon nerveux est indispensable; le nerf transmet au muscle l'excitation produite en (1), et si cette transmission ne se fait pas, la contraction manque.

En quoi consiste cette transmission? Comment se fait-elle? Quelle est sa nature? Autant de questions à peu près insolubles actuellement. On peut affirmer qu'il y a un mouvement transmis, mais on ne peut aller au delà. Est-ce une vibration, un écoule-

















nerf que sur le muscle. Ces excitants se divisent en excitants mécaniques (pression, tiraillement, déchirure, section, écrasement, etc.), physiques (température, électricité), chimiques (acides, alcalis, sels métalliques, bile, acides biliaires, etc.). Ces derniers agissent soit en soutirant de l'eau au nerf (solutions salines neutres concentrées), soit en désorganisant la substance nerveuse (dans ce cas, l'excitation s'arrête immédiatement), soit par une action spéciale encore inconnue.

Quand les excitations se répètent et se succèdent avec une certaine rapidité, le nerf entre dans un état particulier qui se traduit dans les nerfs moteurs par un tétanos musculaire, et suivant la nature de l'excitant nerveux, on aura un tétanos mécanique, électrique, etc.

Pour obtenir le tétanos mécanique, Heidenhain s'est servi d'un instrument qu'il appelle *tétanomoteur* ; il consiste essentiellement en un petit marteau mis en mouvement par une roue dentée au moyen d'une manivelle et qui frappe plus ou moins fréquemment sur le nerf, suivant la vitesse de rotation de la roue. On peut arriver au même résultat en se servant d'un diapason vibrant dont une des branches vient frapper le nerf à chaque vibration.

Des excitations persistantes peuvent aussi produire le même état. Ainsi, la chaleur, certains agents chimiques (bile, sel marin), appliqués sur un nerf moteur, produisent le tétanos du muscle.

L'activité nerveuse n'est jamais continue. Elle se compose d'une succession de périodes très-courtes d'activité coupées par des périodes très-courtes de repos, de même que la contraction musculaire est la somme d'une série de contractions partielles.

#### C. — CONDUCTIBILITÉ NERVEUSE.

La conductibilité nerveuse a pour conditions indispensables l'intégrité et la continuité du nerf ; tout ce qui altère la structure du nerf et le désorganise arrête la transmission (écrasement, section du nerf, etc.).

Cette transmission offre les caractères suivants :

1° Elle est restreinte à la fibre nerveuse excitée et ne se transmet pas aux fibres voisines ; la moelle nerveuse a été supposée,



produira une contraction du muscle; l'excitation centripète arrivée en (1) déterminera une excitation de ce centre moteur et l'excitation se transmettra alors de (1) en (2) dans toute la longueur du nerf et dans la direction centrifuge. Le muscle sera donc sollicité par deux excitations successives, mais comme la vitesse de la transmission nerveuse est très-grande, ainsi qu'on le verra plus loin, ces deux excitations se suivent à un si petit intervalle qu'il n'y a qu'une contraction musculaire unique au lieu de deux. Le même raisonnement peut s'appliquer au nerf sensitif.

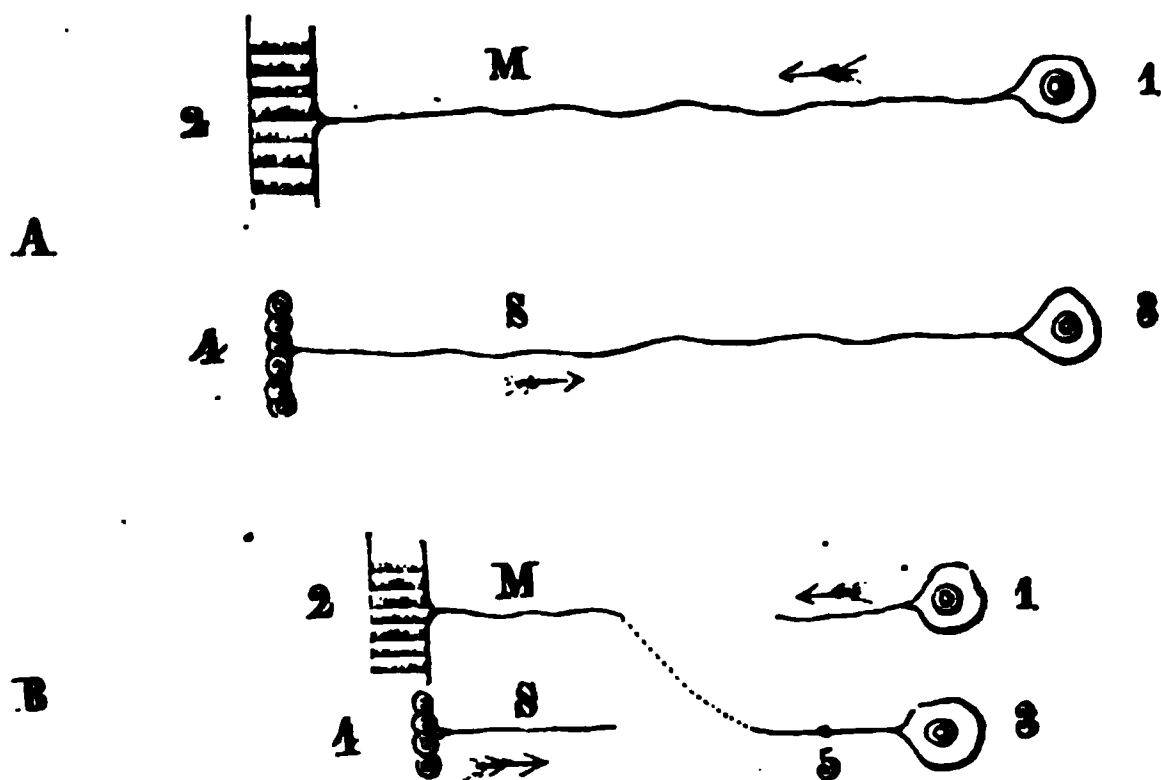
Les faits suivants prouvent que la transmission nerveuse se fait dans les deux sens :

a) Quand on excite un nerf en (3) (*fig. 62*, page 297), les phénomènes de la variation négative (voir : *Électricité animale*) se montrent dans les deux bouts du nerf ;

b) L'expérience du paradoxe de contraction indiquée plus haut ;

c) L'identité de structure et de composition des deux espèces de nerfs rend probable l'identité de fonctions ;

d) Si (*fig. 63*) on sectionne un nerf sensitif, S, et un nerf



*Fig. 63.* — Réunion d'un nerf sensitif et d'un nerf moteur.

moteur, M, le lingual et l'hypoglosse par exemple, et qu'on réunisse le bout central du lingual au bout périphérique de l'hypoglosse (*fig. 63*, B), au bout d'un certain temps la cicatrisation se produit. Si on excite alors le bout central (5) du lingual, on a à la fois des signes de douleur et des contractions dans les muscles de la langue. (Vulpian.) Cependant, d'après de nouvelles





l'excitation du nerf et de la contraction du muscle sont enregistrés à l'aide du myographe sur des cylindres (ou des plaques) animés d'une vitesse connue. (Voir, pour les détails : Marey, *Du Mouvement dans les fonctions de la vie*, p. 411 et suivantes.) Baxt a mesuré sur l'homme la vitesse de la transmission motrice à l'aide de la pince myographique de Marey ; le nerf radial était excité en deux points différents de son trajet.

2° *Nerfs sensitifs*. — Marey a cherché à déterminer la vitesse de la transmission sensitive chez la grenouille en utilisant, comme signal, les mouvements réflexes de l'animal. Mais habituellement on opère sur l'homme même et de la façon suivante : On détermine une sensation (par une décharge électrique, par exemple) en excitant un point de la peau, et l'individu en expérience fait un signal dès qu'il perçoit la sensation ; le moment de l'excitation et le signal sont inscrits et leur intervalle est mesuré par une des méthodes indiquées plus haut ; on recommence alors l'expérience en excitant un point plus éloigné des centres nerveux ; la différence des deux mesures donne la vitesse de la transmission sensitive ; on suppose, dans ce cas, que, dans les deux expériences successives, la durée de l'acte cérébral (perception de la sensation et volonté du mouvement qui sert de signal), la transmission nerveuse motrice et le mouvement lui-même ont eu la même durée et que la transmission nerveuse sensitive a seule varié. Mais, malgré l'exercice et l'attention, il n'en est pas toujours ainsi ; aussi n'est-il pas étonnant que les différents expérimentateurs soient arrivés à des chiffres très-variables, depuis 26 jusqu'à 94 mètres par seconde. Cependant, la moyenne paraît être aussi de 30 à 35 mètres (Schelske, Hirsch, etc.), par conséquent à peu près la même que celle des nerfs moteurs.

**Fatigue des nerfs.** — Comme pour le muscle, la fatigue se traduit pour les nerfs par une acidité plus grande et une diminution d'excitabilité. Il résulte de cette dernière diminution que le nerf fatigué ne peut entrer en activité que si on augmente l'intensité de l'excitation ou si on change la nature de l'excitant ; un nerf fatigué par des excitations électriques et qui ne répond plus à ces excitations pourra entrer encore en activité par certains agents chimiques.

## b. — Physiologie générale des cellules nerveuses.

La substance grise se présente sous deux formes principales, celle de masses agglomérées, comme dans le centre nerveux

cérebro-spinal mène à l'excitation de la substance grise. Les masses isolées et circonscrites de la substance grise sont donc excitées. Mais ce qui est important à remarquer, c'est que les propriétés essentielles de la substance grise sont toujours des cellules nerveuses ou de l'excitation de la substance grise importante.

Les propriétés physiques et chimiques de la substance grise sont à peu près identiques à celles de la substance blanche. Il n'y a donc qu'à remarquer la particularité de la substance grise. La seule chose est à noter : la plus forte proportion de la substance grise, ce qui est en rapport avec la vascularisation plus grande, la nutrition plus intense et la valeur plus élevée de cette substance.

#### A. — EXCITABILITE DE LA SUBSTANCE GRISE

L'existence d'une excitation préalable est aussi nécessaire pour la cellule que pour la fibre nerveuse. A l'état physiologique, ce sont ordinairement des excitations nerveuses qui mettent en jeu leur activité, excitations provenant de la périphérie et transmises par les nerfs sensitifs, excitations provenant d'autres cellules nerveuses et transmises par les nerfs intercellulaires ; ainsi, un centre nerveux sensitif entrera en activité par suite d'une vibration lumineuse portée sur la rétine et transmise (comme modification encore inconnue) par le nerf optique ; un centre nerveux moteur entrera en activité par suite d'une excitation qui pourra provenir soit d'un centre nerveux sensitif, comme dans les mouvements réflexes, soit d'un centre psychique, comme dans les mouvements volontaires.

Mais, outre ces excitations physiologiques habituelles, pour ainsi dire, il en est de plus obscures et moins fréquentes ; tels sont par exemple un afflux sanguin plus considérable qui pourra déterminer des convulsions par excitation directe d'un centre moteur. L'état même du sang et la présence dans ce liquide de substances particulières excitantes soit par leur nature, comme certains sels, soit par leur action, comme l'acide carbonique sur le système nerveux.

On voit par ces exemples que la substance grise est excitable.

cellule nerveuse comme du reste pour tous les autres éléments, la spontanéité admise par beaucoup d'auteurs (<sup>1</sup>).

Quant à savoir si l'excitabilité des cellules nerveuses peut être influencée par les excitations expérimentales directes, mécaniques, physiques, électriques, etc., c'est une question de la plus haute importance en physiologie nerveuse, mais qui sera traitée plus loin à propos des centres nerveux. (Voir : *Excitabilité de la moelle et de l'encéphale.*)

#### B. — DE L'ACTIVITÉ DES CELLULES NERVEUSES.

L'activité des cellules nerveuses a deux formes essentielles : la conductibilité ou la transmission du mouvement et le dégagement de mouvement.

La *conductibilité nerveuse*, quoique plus spécialement attribuée à la substance blanche, existe aussi dans la substance grise; si on sectionne tous les cordons blancs de la moelle, en respectant la substance grise, la transmission nerveuse, quoique affaiblie, continue encore à se faire; elle paraît seulement plus lente et plus diffuse.

Le *dégagement de mouvement nerveux* est la propriété la plus importante des cellules nerveuses; chaque cellule représente un véritable réservoir de mouvement, et on peut donner le nom de *décharge nerveuse* (qui ne préjuge rien) au dégagement de mouvement moléculaire, encore inconnu dans son essence.

Le premier caractère de cette décharge nerveuse, c'est son *instantanéité*. Elle n'a qu'une durée très-courte, inappréciable; aussi quand l'activité de la cellule nerveuse doit durer un certain temps, la décharge nerveuse, au lieu d'être continue, est-elle *intermittente* et consiste alors en une série de décharges successives, très-brèves, séparées par des intervalles de repos. Ainsi on a vu plus haut que la contraction musculaire se compose d'une succession de secousses qui correspondent à autant d'excitations

---

(<sup>1</sup>) L'*automatisme spontané* que Luys attribue aux éléments nerveux me paraît une expression impropre, car l'auteur lui-même a bien soin de dire que cet automatisme se présente « soit sous l'influence d'incitations parties de cellules ambiantes, soit sous l'influence des incitations d'origine périphérique », ce qui assurément n'a rien de *spontané*. (Luys : *Recherches sur le système nerveux*, page 271.)



forte, des convulsions intenses. Le mode d'excitation ou la nature de l'excitant paraît jouer aussi un rôle important, mais encore indéterminé.

Un caractère essentiel de l'activité des centres nerveux, c'est qu'une modification nerveuse fréquemment répétée se reproduit de plus en plus facilement et tend à se reproduire pour la plus faible excitation. Le centre nerveux paraît acquérir, par l'usage, une sorte d'état d'*équilibre instable*, grâce auquel il entre en activité sous la plus légère impulsion. Si c'est un centre nerveux moteur, le mouvement devient, comme on dit, *machinal*, et s'il est quelque temps sans se produire, il survient dans le centre nerveux une véritable tendance à le reproduire, tendance qui s'accompagne d'un certain malaise si elle n'est pas satisfaite. Il en est de même pour les centres nerveux sensitifs; quand une impression habituelle cesse d'agir, la cessation de l'excitant ordinaire amène une sorte de sentiment mal défini qui constitue un *désir* ou un *besoin*.

La *nature* de la décharge nerveuse nous est complètement inconnue dans son essence. Mais, quelle que soit sa nature, cette décharge nerveuse peut présenter deux caractères différents : être *perçue* ou *non perçue*, et les modifications des centres nerveux peuvent, à ce point de vue, se diviser en deux groupes : *modifications conscientes* et *modifications inconscientes*. Cependant cette distinction, quelque légitime qu'elle paraisse au premier abord, est loin d'être absolue.

- On trouve, en effet, un grand nombre d'actions nerveuses qui, d'abord conscientes, deviennent ensuite inconscientes. Quand l'enfant commence à marcher, chaque mouvement est volontaire, et il a parfaitement conscience de chacun des essais qu'il fait pour avancer en conservant son équilibre; puis, peu à peu, le tâtonnement des premiers pas disparaît, les mouvements, d'abord cherchés et hésitants, deviennent automatiques et inconscients, et la marche se fait enfin sans effort et sans qu'il y pense. La parole présente un exemple encore plus frappant de cette transformation d'actions, d'abord conscientes, en actions inconscientes, et il en est de même chez l'adulte (pianiste, violoniste, etc.).

Deux hypothèses peuvent être faites pour expliquer les phénomènes précédents :

On les centres nerveux conscients sont distincts des autres centres nerveux. C'est là la théorie généralement admise. Dans ce cas (64), quand un mouvement se produit dans un muscle (2) à la suite

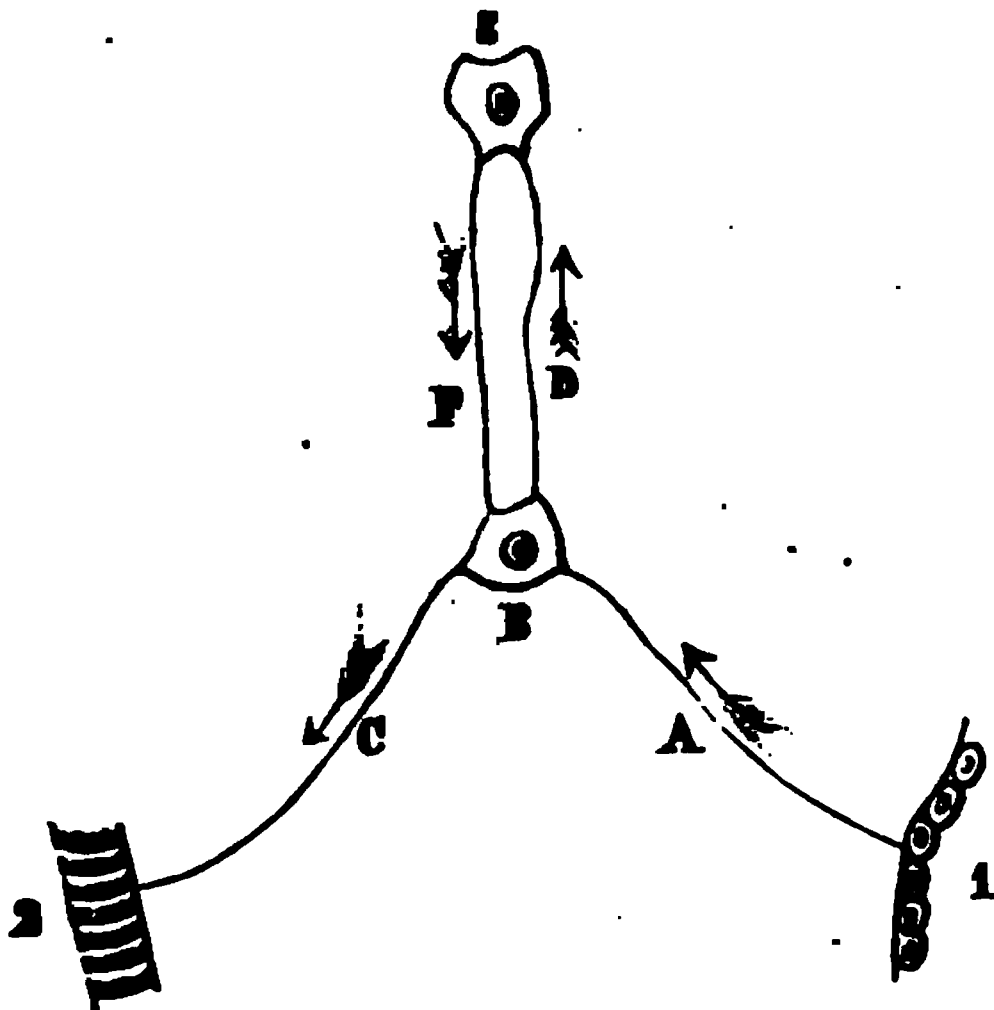


Fig. 64. — Transmission nerveuse consciente.

excitation sensitive en (1), l'excitation, arrivée en B, se bifurque; une partie est transmise par le nerf C jusqu'au muscle (2) qui se contracte; l'autre partie de l'excitation passe dans le nerf D, arrive au centre conscient E et revient par le nerf F au centre B, pour se rendre de nouveau jusqu'au muscle. Il y a là quelque chose d'analogue à la division des courants dans des conducteurs ramifiés. La voie de transmission directe A, B, C, est plus directe que la voie A, B, D, E, F, B, C, et par conséquent l'impulsion nerveuse a plus de tendance à suivre la première que la seconde, puisque, vu la moindre longueur du trajet, les résistances au passage y seront moins considérables. A mesure que les excitations sensibles se multiplieront en (1), la facilité de transmission augmentera pour la voie directe A, B, C, et par suite la plus grande partie de l'excitation suivra cette voie au détriment de la voie indirecte, et enfin quand les excitations auront été assez répétées, toute l'excitation produite en (1) passera par A, B, C; et le centre E n'étant plus excité, l'action nerveuse primitivement consciente deviendra inconsciente et machinale; mais si, pendant un certain temps, les excitations sensibles en (1) produisent plus, la voie directe perd peu à peu cette aptitude qu'elle a à une transmission plus rapide, et quand l'excitation sensitive se fait, la résistance au passage ayant augmenté dans le circuit A, B, C,















3° Les mouvements réflexes, troisième phase de l'action réflexe, ont pour caractère essentiel d'être nécessaires et de suivre

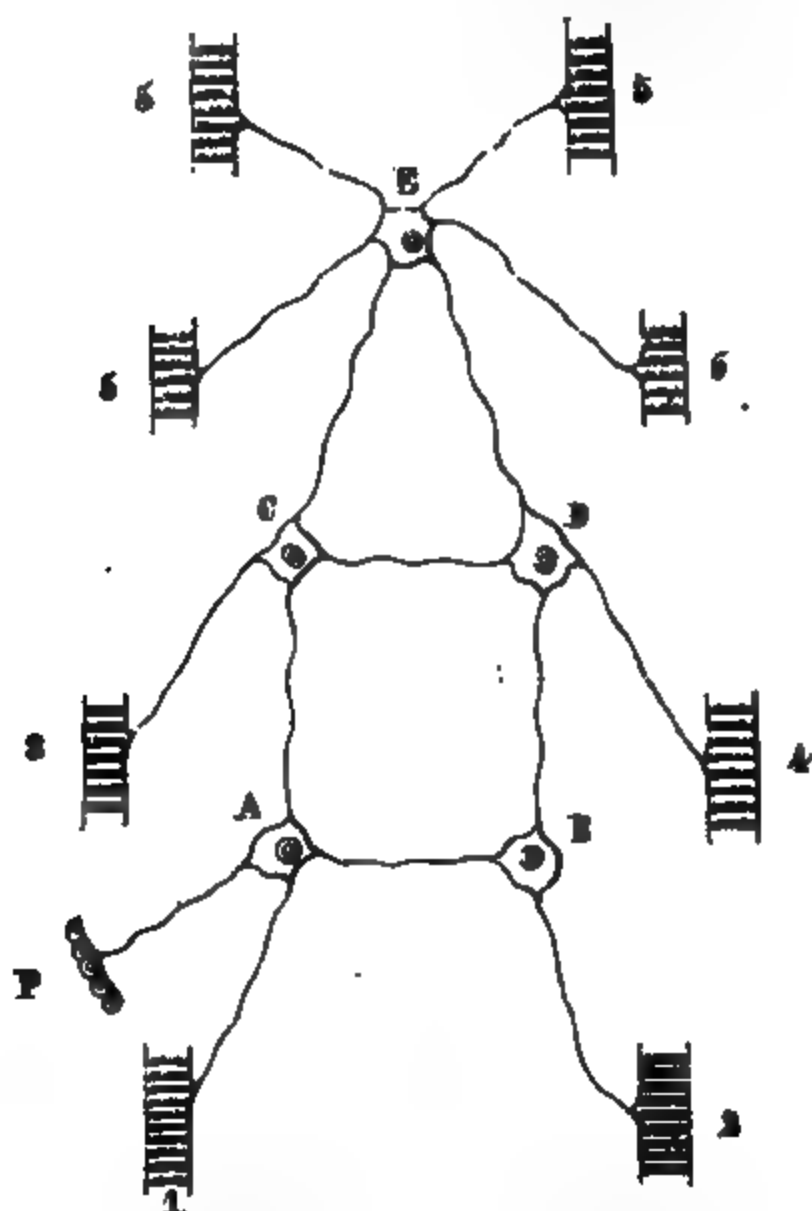


Fig. 67. — Loi des réflexes. (Voir page 319.)

immédiatement l'excitation initiale ; étant nécessaires, ils doivent être et sont par cela même tout à fait involontaires.

Ces mouvements peuvent se passer dans tous les muscles, aussi bien dans les muscles lisses que dans les muscles striés, dans les muscles viscéraux que dans les muscles du squelette.

Quand ces mouvements portent non plus sur un seul muscle ou groupe de muscles, mais sur plusieurs muscles ou groupes de muscles, on a des mouvements réflexes *composés*, qui sont ainsi constitués par l'ensemble de plusieurs réflexes *simultanés*



dire pour tous les mouvements réflexes composés, quelque complexes qu'ils soient, et il suffira d'une excitation initiale partant

M

M

Fig. 68. — Superposition des centres réflexes. (Voir page 313.)

de la périphérie et agissant sur le centre supérieur unique pour que tout l'ensemble correspondant des mouvements réflexes se produise, sans que la volonté intervienne, comme tous les rouages d'une horloge qu'on vient de monter se mettent immédiatement en mouvement.

Il n'est pas toujours facile de déterminer l'excitation initiale qui a été le point de départ du mouvement réflexe composé. Dans certains cas, l'éternument, la toux, par exemple, le point de départ est parfaitement net, mais dans d'autres il est plus difficile d'en préciser le siège.

Il y a, sous ce rapport, une certaine différence entre les réflexes simples et les réflexes composés; tandis que dans les





Toutes ou presque toutes les sécrétions sont sous l'influence de l'innervation, et le mécanisme ressemble tout à fait à un acte

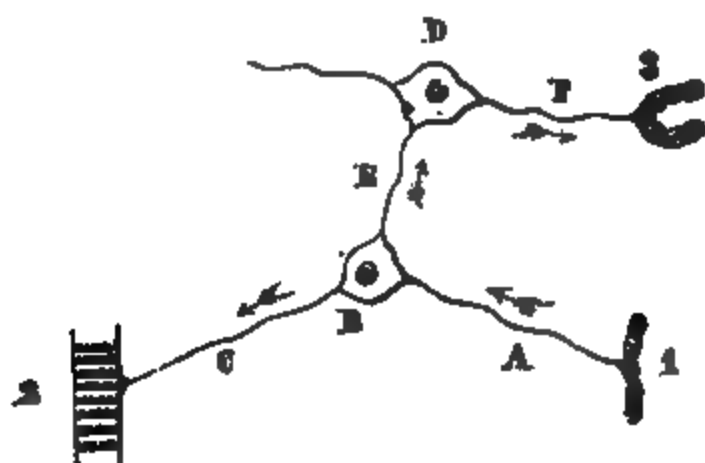


Fig. 69. — Sécrétion réflexe. (Voir page 315.)

réflexe dans lequel l'acte terminal serait une sécrétion au lieu d'être un mouvement. Ainsi, le contact du vinaigre sur la muqueuse linguale détermine un écoulement de salive.

L'excitation initiale qui détermine les sécrétions réflexes peut être, tantôt périphérique, comme dans l'exemple cité plus haut, tantôt centrale, comme lorsque l'idée d'un repas fait venir, suivant l'expression vulgaire, l'eau à la bouche ; et si l'on juge d'après les sécrétions dont on peut facilement constater les caractères, les deux modes d'excitation initiale se montreraient dans toutes les sécrétions.

#### C. — ACTES INSTINCTIFS.

Les actes instinctifs ne sont en réalité que des actes automatiques un peu plus compliqués, ou plutôt un ensemble d'actes automatiques coordonnés pour un but déterminé. Il n'y a donc pas, et il ne peut y avoir de limite précise entre les actes automatiques et les actes instinctifs ; il n'y a qu'une différence de degré. L'instinct n'est qu'un phénomène réflexe d'un ordre plus complexe que les réflexes ordinaires, mais cette complexité est telle quelquefois, la coordination des actes est si prononcée que l'instinct touche presque aux actes psychiques ; telles sont la nidification des oiseaux et la plupart des phénomènes de la vie de certains insectes, abeilles, fourmis, etc.

L'excitation initiale qui détermine les actes instinctifs est sou-





























Chaque tissu choisit ce qui lui convient dans la lymphe qui l'entoure. Malheureusement nous connaissons fort peu le mécanisme intime de cet acte; nous ignorons presque complètement quelles substances prend un tissu donné, sous quelle forme, en quelle quantité, sous quelles conditions; et nous n'avons de données un peu positives que pour l'oxygène; ainsi on sait qu'un muscle en état d'activité emploie plus d'oxygène qu'à l'état de repos; mais pour tous les autres principes, nous sommes dans une ignorance absolue.

On a beaucoup discuté la question de savoir si l'oxygène traversait les parois des capillaires pour arriver jusqu'au contact des tissus, ou si les substances réductrices des tissus allaient trouver l'oxygène dans le sang pour se combiner avec lui. Il est probable que des oxydations se font dans l'intérieur même des vaisseaux, mais il paraît à peu près certain que la plus grande partie se fait en dehors des capillaires et dans l'intimité des tissus. On a vu déjà que le sang sorti des vaisseaux perd très-peu d'oxygène; il en est de même si on ajoute au sang des substances très-oxydables, comme de la glycose ou de l'urate de soude. (F. Hoppe.) D'un autre côté, le sang perd, au contraire, très-vite son oxygène si on l'injecte à travers les capillaires d'un organe pris sur un animal qu'on vient de tuer (reins, poumons; Ludwig), ou si on le met en contact avec de la levûre de bière par l'intermédiaire d'une membrane animale (P. Schutzenberger). Sous quelle influence maintenant l'oxygène est-il ainsi enlevé à l'hémoglobine, lorsque dans nos laboratoires il faut, pour le dégager de sa combinaison d'oxyhémoglobine, une diminution de pression assez considérable? (Voir : *Extraction des gaz du sang.*) Il y a là une action qui n'est pas encore expliquée.

Ce qui prouve la rapidité de ces phénomènes de transsudation nutritive, c'est que les molécules sanguines ne mettent guère qu'une seconde pour traverser les capillaires d'un organe, c'est-à-dire pour passer des artérioles dans les petites veines, et que les actes précédents doivent s'accomplir pendant ce court espace de temps.

#### D. — RÉSORPTION INTERSTITIELLE.

La résorption interstitielle marche de pair avec la transsudation interstitielle. A mesure que le sang fournit aux tissus de





avec les capillaires sous-jacents qu'une fibre musculaire ou une cellule nerveuse avec les capillaires qui l'entourent. En outre, ces cellules épithéliales ont une activité vitale très-énergique, et si elles opposent une barrière ou un retard au passage des substances indifférentes ou nuisibles, elles s'emparent avec une très-grande rapidité des substances qui peuvent servir à leur nutrition, à leur accroissement et à leur multiplication.

On a vu plus haut que les déchets des épithéliums étaient éliminés à l'extérieur sans être versés dans le sang; il faudra donc ajouter aux dix actes intimes de la nutrition énumérés plus haut, un onzième acte qui, lui, ne se fait plus par l'intermédiaire du sang, c'est l'*élimination* ou la *mue épithéliale*.

## b. — Phénomènes généraux de la nutrition.

Les phénomènes généraux de la nutrition sont au nombre de deux, l'assimilation et la désassimilation, auxquels se rattachent l'accroissement et la régénération des tissus.

### A. — ASSIMILATION.

L'assimilation est destinée, soit à réparer les pertes des tissus, soit à l'accroissement de ces tissus ou à leur régénération. Elle a pour condition l'apport de matériaux de nutrition venant de l'extérieur et qui, après avoir passé dans le sang (absorption digestive), arrivent aux tissus (traussudation interstitielle) qui les emploient et les mettent en œuvre.

Ces matériaux de nutrition peuvent se diviser en deux classes, et cette division présente la plus grande importance au point de vue physiologique : 1° Les uns, ce sont les plus importants et les plus nombreux, entrent dans la constitution même du tissu et font partie intégrante de sa substance, de telle façon que sans eux le tissu ne pourrait exister; tels sont les albuminoïdes, certaines substances minérales, etc.; on peut les appeler *principes constituants*. 2° Les autres, *principes auxiliaires*, ne font qu'imprégner le suc intra- ou extra-cellulaire sans entrer dans la constitution même de la cellule; telle est probablement une partie de la glycose et peut-être de la graisse introduite par l'alimentation; ces principes traversent, sans s'y fixer, les éléments et les tissus, et y















































































dose, et qui, dans ce cas, peuvent être toxiques, comme on l'a démontré pour l'essence d'absinthe, par exemple. (Magnan.)

On peut ranger, à côté de ces essences, des produits résineux encore mal connus, poivre, piment, gingembre, qui paraissent surtout agir comme irritants locaux des muqueuses bucco-pharyngienne et stomacale.

**Alcaloïdes.** — Certains alcaloïdes, caféine (théine), théobromine, entrent dans l'alimentation; mais leur action est encore controversée (voir : *Toxicologie physiologique*).

### b. — Des substances alimentaires.

Les substances alimentaires contiennent en général plusieurs aliments simples, et quelques-unes même, comme le lait par exemple, les contiennent tous et peuvent par conséquent suffire à elles seules pour l'alimentation. Mais il est rare que les aliments simples y soient contenus dans les proportions convenables qui ont été indiquées plus haut (page 358); habituellement tel ou tel principe prédomine; de là dérive la nécessité de faire intervenir dans l'alimentation un certain nombre de substances diverses, de façon à retrouver finalement les proportions voulues de substances minérales, d'hydrocarbonés, de graisse et d'albuminoïdes. Ainsi nous avons vu qu'il faut en moyenne à un adulte, en vingt-quatre heures, 120 grammes d'albuminoïdes et  $330 + 90 = 420$  grammes de graisse et d'hydrocarbonés; le tableau suivant indique combien il faut des principales substances alimentaires pour retrouver la quantité voulue d'aliments simples :

Pour 120 grammes d'albuminoïdes.		Pour 420 grammes d'hydrocarbonés et graisses.	
Fromage . . . . .	850 <sup>gr</sup>	Riz . . . . .	492 <sup>gr</sup>
Lentilles . . . . .	458	Mais . . . . .	532
Haricots. . . . .	531	Pain de froment . . . .	543
Pois . . . . .	537	Lentilles . . . . .	693
Fèves. . . . .	544	Pois . . . . .	704
Viande de bœuf. . . . .	566	Fèves. . . . .	708
Œuf de poule . . . . .	893	Haricots. . . . .	723
Pain de froment . . . . .	1,332	Œuf de poule . . . . .	776
Mais . . . . .	1,515	Pain de seigle . . . . .	809
Riz. . . . .	2,364	Fromage . . . . .	1,730
Pain de seigle . . . . .	2,653	Pommes de terre . . . .	1,751
Pommes de terre. . . . .	9,230	Viande de bœuf. . . . .	1,945

On voit d'après ce tableau, qui donne l'équivalent nutritif des principales substances alimentaires, quels inconvénients il y aurait à employer exclusivement une seule substance dans l'alimentation; il faudrait, par exemple, ingérer par jour 2 kilogrammes et demi de pain de seigle, près de 2 kilogrammes de viande et plus de 9 kilogrammes de pommes de terre, si l'on voulait s'en tenir à une seule de ces substances.

Le tableau suivant donne, pour les principales substances alimentaires d'origine végétale ou animale, les proportions pour mille d'eau, d'albuminoïdes, de graisse, d'hydrocarbonés et de sels :

	Eau.	Albumi- noïdes.	Graisse.	Hydro- carbonés.	Sels.
Viande de mammifères .	730	175	40	—	11
— d'oiseau . . . .	730	200	20	—	13
— de poisson . . . .	740	135	45	—	15
Beurre . . . . .	985	—	—	—	3
Foie . . . . .	720	130	35	15 à 20	14
Cerveau . . . . .	770	100	100	—	11
Thymus . . . . .	700	210	5	—	10
Œuf . . . . .	735	145	150	—	8
Blanc d'œuf . . . . .	845	110	10	—	6
Jaune d'œuf . . . . .	525	170	290	—	10
Lait de femme . . . . .	890	40	25	44	1
Lait de vache . . . . .	855	55	45	40	5
Beurre . . . . .	215	15	770	—	—
Fromage . . . . .	370	335	240	—	55
Froment . . . . .	130	135	20	695	20
Seigle . . . . .	140	105	20	615	15
Orge . . . . .	145	120	25	680	25
Avoine . . . . .	105	90	40	735	25
Maïs . . . . .	120	80	50	730	12
Riz . . . . .	90	50	7	845	5
Sarrasin . . . . .	145	80	—	755	13
Farine de froment . . . .	130	130	10	610	10
Pain de froment . . . .	430	90	—	450	10
Pain de seigle . . . .	440	90	—	400	15
Pois . . . . .	145	225	20	575	23
Haricots . . . . .	160	225	20	540	24
Fèves . . . . .	130	220	15	575	25
Lentilles . . . . .	115	265	25	580	16
Pommes de terre . . . .	725	15	1	235	10
Châtaignes . . . . .	535	45	10	395	15











son eau et cette eau entraîne avec elle des principes solubles. Le tableau suivant donne la composition des cendres de la viande fraîche et de la viande salée :

Pour 100 parties de cendres.	PORC.		BOEUF.	
	Frais.	Salé.	Frais.	Salé
Potasse . . . . .	37,79	5,30	35,94	24,70
Soude . . . . .	4,02	—	—	—
Magnésie . . . . .	4,81	0,54	3,31	1,90
Chaux . . . . .	7,54	0,41	1,73	0,73
Potassium . . . . .	—	1,25	5,36	—
Sodium . . . . .	0,40	34,06	—	16,82
Chlore . . . . .	0,62	53,72	4,86	25,95
Oxyde de fer. . . . .	0,35	—	0,98	—
Phosphate d'oxyde de fer.	—	0,10	—	1,04
Acide phosphorique . . .	44,47	4,71	34,36	21,41
Acide sulfurique . . . .	—	0,12	3,37	0,62
Silice . . . . .	—	—	2,07	0,20
Acide carbonique . . . .	—	—	8,02	—

Dans la viande *fumée*, l'albumine de la couche superficielle est coagulée par la créosote et constitue une enveloppe insoluble qui empêche l'abord de l'air extérieur et s'oppose à la putréfaction. Les produits qui se forment dans ce cas ne sont, du reste, que très-incomplètement connus.

Dans d'autres cas, au contraire, au lieu d'enrayer la décomposition de la viande on la recherche, comme dans le gibier *faisané*, et cette décomposition, au lieu de nuire à la qualité de la viande, ne fait que développer son arôme et son fumet.

Le règne animal fournit très-peu d'aliments hydrocarbonés; l'amidon, la dextrine, le sucre n'existent qu'en quantité très-faible dans certains organes ou dans la chair musculaire; le lait seul, par son sucre de lait, fait exception sous ce rapport. Mais ce défaut d'hydrocarbonés est suppléé par la présence des graisses, abondantes dans l'organisme animal et dont on augmente encore la production en vue de l'alimentation.

Les *substances alimentaires d'origine végétale* présentent des différences très-grandes dans leur composition et dans la proportion d'aliments simples qu'elles contiennent. Si l'on classe ces substances alimentaires d'après les proportions de principes azotés qu'elles renferment, on a les groupes suivants :



20 pour mille). On peut placer à côté d'elles quelques légumes, navet, chou-rave, etc., qui renferment une quantité analogue d'albuminoïdes, mais dont l'usage alimentaire est bien moins important. Les hydrocarbonés de ces deux légumes consistent surtout en dextrine et en sucre, ce qui les distingue de la pomme de terre qui contient surtout de l'amidon et très-peu de dextrine.

4° *Légumes herbacés*. Les légumes herbacés (chou-fleur, laitue, asperges, artichaut, épinards, oseille, etc.) présentent une composition très-variable; mais ce qui les caractérise surtout, c'est leur forte proportion d'eau et leur petite quantité de matières albuminoïdes et d'hydrocarbonés.

5° *Fruits*. Les fruits se rapprochent du groupe précédent par leur forte proportion d'eau; ils renferment du sucre, des acides organiques et du mucilage. Ils ne possèdent que des traces d'albuminoïdes.

**Boissons.** — Les boissons peuvent être divisées en boissons alcooliques, sucrées, acidules, gazeuses et infusions (de thé, de café), aromatiques, etc.

Les *boissons alcooliques* se classent en deux groupes suivant la quantité d'alcool qu'elles renferment. Le premier groupe comprend le vin, la bière, le cidre, etc., boissons dans lesquelles la proportion d'alcool ne dépasse pas 25 p. 100 et reste ordinairement bien en deçà; le second comprend les eaux-de-vie et liqueurs obtenues par la distillation ou par d'autres procédés.

Le tableau suivant donne les quantités d'alcool p. 100 contenues dans le vin et la bière.

Vin de Bordeaux blanc, le moins spiritueux . . . . .	7,0	Vin de Malaga . . . . .	15,8
Vin de Bordeaux rouge, le moins spiritueux . . . . .	7,5	— de Roussillon . . . . .	16,6
Vin de Mâcon rouge. / . . . .	7,6	— de Madère . . . . .	20,4
— de Bordeaux rouge, le plus spiritueux . . . . .	11,0	Bière douce de Brunswick . .	1,3
Vin du Rhin . . . . .	11,1	— de France . . . . .	2,3
— de Champagne mousseux .	11,6	— de Mars . . . . .	3,5
— de Côte-Rôtie . . . . .	12,4	— double de Munich . . . .	3,6
— de Lunel . . . . .	14,2	Bockbier . . . . .	4,0
— de Sauterne . . . . .	15,0	Salvator . . . . .	4,2
		Bière de Brunswick . . . . .	8,0
		Bières fortes d'Angleterre . .	8,0



de l'alimentation, mais ces accessoires ont fini par y prendre une place de plus en plus large, de telle façon que l'art de combiner et de varier les assaisonnements constitue une partie essentielle de l'art culinaire. L'étude des divers condiments est plutôt du ressort de l'hygiène; il me suffira de dire que la plupart d'entre eux agissent soit en flattant le goût, soit en excitant les sécrétions digestives. Du reste, certains aliments simples, comme le sucre, le sel, sont employés aussi comme condiments.

La *température* à laquelle sont ingérés les aliments et les boissons varie dans des limites considérables, depuis les glaces jusqu'aux boissons chaudes, comme le café, le thé, ingérés à la température maximum que la muqueuse buccale puisse supporter. Les boissons froides déterminent souvent des accidents dont la cause est encore peu expliquée, mais, d'après L. Hermann et R. Gaux, devrait être cherchée dans une augmentation subite de la pression sanguine.

Un dernier fait à noter, fait intéressant pour la physiologie, c'est que la *réaction* de la plupart de nos aliments et de nos boissons est *acide*. Cette acidité tient en général à la présence d'acides organiques.

**Bibliographie.** — MOLESCHOTT : *Physiologie der Nahrungsmittel*, 1859. — MOLESCHOTT : *De l'Alimentation et du Régime*. Paris, 1858. — PAYEN : *Des Substances alimentaires*. 4<sup>e</sup> édition, Paris, 1865.

## 2<sup>o</sup> ACTION DES SÉCRÉTIONS DU TUBE DIGESTIF SUR LES ALIMENTS.

La plupart des aliments, pour être utilisés dans l'organisme, doivent subir dans le tube intestinal des modifications préalables; sans cela ils ne sont pas assimilables, et quand ils sont introduits dans le sang, ils sont éliminés en nature par les excréments et en particulier par l'urine. Les aliments transformés et rendus assimilables, au contraire, une fois absorbés, sont utilisés par l'organisme et ne se retrouvent pas dans les excréments. Ainsi le sucre de canne, par exemple, pour être assimilable, doit être transformé en glycose; aussi si on injecte du sucre de canne dans les veines ou dans le tissu cellulaire d'un animal, ce sucre de canne se retrouve intact dans les urines, tandis que la glycose injectée dans les mêmes conditions ne s'y retrouve pas (Cl. Bernard); la glycose est assimilable, le sucre de canne ne l'est pas.





chiffre, 1,5 à 2,5 p. 100, la saccharification s'arrête et reprend de nouveau si on étend la liqueur.

La transformation est beaucoup plus rapide avec l'amidon cuit qu'avec l'amidon cru ; avec le premier elle ne se fait qu'au bout de quelques heures, et il faut renouveler souvent la salive en maintenant le mélange à 35 degrés. D'après O. Hammarsten, les différentes sortes d'amidon ne présentent pas le même degré de résistance à l'action de la salive ; il a trouvé les chiffres suivants pour le temps nécessaire pour saccharifier diverses espèces d'amidon cru avec de la salive d'homme :

Amidon de pomme de terre . . .	2 heures à 4 heures.
— de pois . . . . .	1 h. 3/4 à 2 —
— de blé. . . . .	30 minutes à 1 —
— d'orge. . . . .	10 — à 15 minutes.
— d'avoine. . . . .	5 — à 7 —
— de seigle . . . . .	3 — à 6 —
— de maïs. . . . .	2 — à 3 —

En pulvérisant l'amidon avant de faire agir la salive, la saccharification se faisait pour toutes les espèces d'amidon à peu près dans le même temps.

Dans cette saccharification de l'amidon, la salive commence par dissoudre la granulose et la transforme en dextrine, puis en glycose ; aussi trouve-t-on dans la liqueur, suivant la durée d'action, soit un mélange de dextrine et de sucre, soit du sucre seulement. La cellulose d'amidon reste au contraire intacte et les grains d'amidon paraissent sous le microscope sous leur forme primitive, mais avec une structure feuilletée plus marquée ; ils se divisent plus facilement par la pression en lamelles écaillenses fragiles ; ils ont alors perdu la propriété de bleuir par l'iode qui les colore en rouge.

Pour reconnaître la présence de la glycose dans l'amidon cru ou cuit soumis à l'action de la salive, on se sert ordinairement de la liqueur de Barreswill (voir page 66), mais la fermentation alcoolique est le procédé le plus sûr pour déceler la présence du sucre.

Quand on verse goutte à goutte de l'empois d'amidon bleui par l'iode dans de la salive à 35°, cet empois se décolore immédiatement (Vintschgau) ; mais cette décoloration ne prouve pas, comme on l'a prétendu, la présence de la glycose ; en effet, dans ce cas le réactif de Barreswill ne donne pas de précipité rouge ;



L'action des salives partielles chez les animaux est très-variable, et les auteurs sont loin de s'accorder sur ce sujet.

La salive parotidienne, d'après Cl. Bernard, n'aurait que des usages mécaniques, comme agent d'imbibition et de ramollissement dans la mastication, et serait sans action sur l'amidon. Cependant d'autres physiologistes ont constaté sa propriété saccharifiante chez le mouton, le lapin, et quoique à un plus faible degré chez le chat et le chien.

Pour la salive sous-maxillaire, il en est de même. Chez les carnivores, la plupart des observateurs l'ont trouvée sans action, et elle ne servirait qu'à la gustation des aliments (Cl. Bernard); chez les herbivores, au contraire, elle agit énergiquement, sauf, d'après Schiff, chez le lapin, exception qui n'a pas été confirmée par d'autres expérimentateurs.

La salive sublinguale paraît se comporter comme la salive sous-maxillaire. Pour Cl. Bernard, c'est la salive de la déglutition.

#### **b. — Action du suc gastrique sur les aliments.**

Le suc gastrique (voir page 155 pour son étude chimique) n'agit que sur les aliments azotés, que sur les substances albuminoïdes. Il les transforme en *peptones* (albuminose), c'est-à-dire en corps facilement solubles et diffusibles, susceptibles par conséquent d'être absorbés, de passer dans le sang et d'y être assimilés.

Les peptones se distinguent des albuminoïdes dont elles proviennent par les caractères généraux suivants :

1° Elles sont toujours facilement solubles dans l'eau;

2° Elles ont une très-grande diffusibilité; leur équivalent endosmotique est très-faible; aussi la dialyse est-elle un excellent moyen de séparer les peptones des autres substances albuminoïdes;

3° Elles ne précipitent pas par l'ébullition;

4° Elles ne précipitent pas par les acides minéraux et la plupart des sels métalliques, chlorure de fer, sulfate de cuivre, etc. Elles précipitent par l'alcool absolu des solutions neutres concentrées en flocons blanc grisâtre solubles dans l'alcool étendu;

5° Injectées dans le sang, elles ne reparaissent pas dans l'urine à l'état d'albumine.



tion ; elle est accélérée par une température de 36° à 38° et par l'agitation, empêchée au contraire par une température trop basse (au-dessous de + 5°) ou trop élevée (au delà de + 60°), par un excès d'acide, d'alcali, d'alcool, en un mot par tout ce qui peut amener la destruction de la pepsine. La présence d'un excès de peptones dans la liqueur arrête aussi la digestion.

Pour étudier plus en détail les phénomènes intimes de la digestion stomacale et ses diverses phases, on emploie soit les digestions artificielles, soit l'introduction des aliments dans l'estomac par des fistules gastriques.

#### A. — DIGESTIONS ARTIFICIELLES.

Les digestions artificielles se pratiquent avec du suc gastrique artificiel, ou avec du suc gastrique naturel extrait de fistules gastriques (voir page 155) ; les substances sur lesquelles on fait agir le suc gastrique sont placées dans une étuve maintenue par un régulateur à une température constante de 38° environ.

P. Grützner et A. Grünhagen ont imaginé des procédés ingénieux pour rendre sensible aux yeux la puissance digestive d'un liquide digérant.

*Procédé de P. Grünhagen.* On met de la fibrine dans de l'acide chlorhydrique à 0,2 p. 100 ; elle se gonfle et forme une masse gélatineuse qu'on place dans un entonnoir avec ou sans filtre et on ajoute un peu du liquide digérant ; au bout de quelques minutes, on voit les gouttes de fibrine digérée couler dans l'entonnoir avec plus ou moins de rapidité, suivant la rapidité de la digestion. — *Procédé de P. Grützner.* On colore la fibrine par du carminate ou du picrocarminate d'ammoniaque ; à mesure que la digestion de la fibrine se produit, la liqueur se colore, la fibrine en se dissolvant abandonnant sa matière colorante.

#### 1° *Action du suc gastrique sur les aliments.*

1° *Fibrine.* — La fibrine commence par se gonfler, puis elle se dissout peu à peu en donnant une solution fortement opaline qui n'est pas troublée par la chaleur ; on retrouve dans la liqueur les différentes espèces de peptones énumérées plus haut. Cette digestion de la fibrine est très-rapide, aussi la choisit-on en général pour apprécier la puissance digestive d'un suc gastrique, puissance digestive qui se mesure, soit par la vitesse avec laquelle un

















La *durée* de la digestion stomacale est à peu près impossible à déterminer d'une façon précise. En effet, tandis que, dans les digestions artificielles, on peut pousser l'action du suc gastrique sur l'albuminoïde jusqu'à la digestion complète, dans la digestion naturelle il n'en est plus de même; la plupart des aliments traversent l'estomac et arrivent dans l'intestin avant que leur digestion soit achevée; ainsi, chez des hommes porteurs de fistules duodénales, on a vu de la chair musculaire, du lait même non coagulé, se présenter à l'orifice de la fistule dix minutes après l'ingestion. Cependant une certaine partie des substances albuminoïdes subit toujours dans l'estomac même un commencement de transformation digestive et fournit déjà de la peptone et de la parapeptone.

### c. — Action du suc pancréatique sur les aliments.

Le suc pancréatique (voir page 161, pour son étude chimique) agit sur les trois espèces d'aliments, féculents, graisses et albuminoïdes, et cette triple action justifie le rôle prédominant que Cl. Bernard lui assigne dans les phénomènes de la digestion.

#### 1° *Action du suc pancréatique sur l'amidon.*

La transformation de l'amidon en glycose par le suc pancréatique, découverte en 1840 par Valentin, et étudiée depuis par Bouchardat et Sandras, est identique à celle qui se produit sous l'influence de la salive, mais elle est encore plus rapide; à 35° elle est instantanée. Cette transformation n'est empêchée ni par la bile, ni par le suc gastrique, et elle se produit aussi bien avec le suc des fistules permanentes qu'avec le suc des fistules temporaires. Cette action est due à un ferment spécial isolé par Cohnheim.

D'après Korowin, cette propriété saccharifiante n'existerait pas dans le pancréas du nouveau-né, et ce ne serait qu'à partir du deuxième mois que le suc pancréatique pourrait transformer l'amidon en glycose, et à un an seulement qu'il aurait un pouvoir saccharifiant égal à celui de l'adulte.

### ***1<sup>re</sup> Action du suc pancréatique sur les graisses.***

Le suc pancréatique a une double action sur les graisses :

1<sup>re</sup> Il les émulsionne ; si on agite de la graisse liquide ou de l'huile avec du suc pancréatique, il se forme une émulsion chyle, émulsion qui persiste et dans laquelle les graisses sont encore plus finement divisées que dans le chyle (voir l'expérience de Bland.) Il faut environ deux grammes de suc pancréatique pour émulsionner un gramme de graisse.

2<sup>de</sup> Les graisses neutres en acides gras et glycérol se saponifient à 35° un mélange de graisse et additionné de teinture de tournesol bleue, le suc devient peu à peu acide et la teinture prend une coloration rouge. Les acides gras sont libérés et s'unissent aux alcalis du suc pancréatique pour former des sels d'acides gras. Cette action est empêchée par la pepsine (Danielewski), elle serait due à un ferment.

### ***2<sup>de</sup> Action du suc pancréatique sur les substances albuminoïdes.***

L'action du suc pancréatique sur les substances albuminoïdes a été très-controversée. Pour les uns, c'était une véritable digestion, pour d'autres une simple putréfaction. Cependant les recherches de Kohn, Meissner, Kühne, etc., ont montré que si l'on emploie le suc des fistules temporaires ou l'extrait de glande fraîche, prise à la sixième heure de la digestion (chien), la puissance digestive est incontestable. Seulement, cette digestion s'accompagne de phénomènes particuliers qui la distinguent essentiellement de la digestion par le suc gastrique.

L'action du suc pancréatique sur les aliments albuminoïdes peut être partagée en trois phases successives.

1<sup>re</sup> Dans la première phase, les substances albuminoïdes sont transformées en peptones. Cette transformation, qui se fait sans prétraitement préalable et qui se produit, que le milieu soit neutre, alcalin ou faiblement acide, est très-énergique et très-active. Les

peptones formées paraissent identiques aux peptones obtenues avec le suc gastrique; elles précipitent par les acides et les sels acides, à l'exception du phosphate acide de soude. (Diakonow.) Comme pour la digestion gastrique, la chaleur favorise cette transformation.

La gomme et les tissus qui donnent de la colle se dissolvent aussi dans le suc pancréatique.

2° A cette première phase de digestion proprement dite en succède bientôt une autre caractérisée par la formation de grandes quantités de leucine et de tyrosine; ces substances ne proviennent pas directement des substances albuminoïdes, mais des peptones formées à leurs dépens: en effet, à mesure que la leucine et la tyrosine se produisent, la quantité de peptones diminue, et cette production de leucine et de tyrosine se fait même quand on met en présence du suc pancréatique des peptones toutes formées au lieu d'aliments albuminoïdes.

3° Dans la troisième phase, on remarque une diminution non-seulement des peptones, mais de la leucine et de la tyrosine, et il se produit par leur décomposition un certain nombre de principes encore peu étudiés et d'odeur fécaloïde très-pénétrante, qui donnent au mélange une coloration brunâtre; ce sont des acides gras, une substance qui précipite par l'eau chlorée en filaments violets, de l'indol, etc. Cette troisième phase se produit plus vite quand le milieu est alcalin; un degré léger d'acidité en retarde l'apparition.

Cette dernière phase a lieu aussi sur le vivant dans l'intestin à l'état normal. Mais il est probable que la plus grande partie des peptones formées dans la première période d'action du suc pancréatique est absorbée, et qu'une faible partie seulement subit les transformations des deux dernières périodes.

D'après Cl. Bernard, l'action préalable de la bile et du suc gastrique sur les albuminoïdes est une condition de la digestion pancréatique de ces aliments; cependant Corvisart, Kühne et d'autres expérimentateurs ont obtenu des digestions complètes, sans putréfaction, par l'action isolée du suc pancréatique.

En soumettant des albuminoïdes à une cuisson prolongée avec de l'acide sulfurique étendu, Kühne a obtenu une production artificielle de peptones, et en continuant l'action, il s'est formé de la leucine et de la tyrosine dont la quantité augmentait à mesure que diminuaient les peptones.































lactique. Les sels d'acides organiques sont transformés en carbonates.

5° L'*alcool* est absorbé sans subir de modification. (Bouchardat.)

#### 5° ABSORPTION PAR LE TUBE DIGESTIF.

Le tube digestif absorbe :

1° Les produits de la digestion ; *absorption alimentaire ou digestive* ;

2° Une partie des produits de sécrétion versés à la surface de la muqueuse ; *absorption sécrétoire* ;

3° Des principes qu'on met accidentellement en contact avec la muqueuse ; *absorption expérimentale et thérapeutique*.

On ne traitera ici que des deux premières.

#### a. — Absorption alimentaire ou digestive.

Cette absorption porte sur les albuminoïdes, la glycose, les graisses et les substances inorganiques.

#### 1° Absorption des albuminoïdes.

Les albuminoïdes, pour être absorbés, doivent être d'abord transformés en peptones. L'équivalent endosmotique des peptones est très-faible : Funke l'a trouvé de 7,1 et 9,9 pour une solution de peptone à 2,9 p. 100, tandis que l'équivalent endosmotique d'une solution albumineuse dépassait ordinairement 100. Cette absorption de peptones se fait dès que les peptones commencent à se produire, c'est-à-dire dans l'estomac, et se continue activement dans toute la longueur de l'intestin grêle et une partie du gros intestin (cæcum). D'après Schiff, l'absorption stomacale ne se ferait que dans la région pylorique qu'il appelle le district absorbant de l'estomac et où se trouvent les glandes à mucus ; la région des glandes à pepsine n'absorberait pas.

Les recherches de Brücke, Voit, etc., tendent à prouver que cette transformation des albuminoïdes en peptones avant leur résorption n'est pas toujours nécessaire. D'après Richhorst, la caséine, l'albumine de blanc d'œuf additionnée de sels, l'albuminate de potasse,















L'eau, les *sels solubles*, l'*alcool*, etc., paraissent être absorbés de préférence par les capillaires sanguins.

Toutes les substances ainsi absorbées par les capillaires sanguins de l'intestin doivent traverser le foie (*fig. 73, 4*) avant d'arriver dans la circulation pulmonaire et elles subissent probablement dans le foie des modifications encore peu connues, sauf pour la glycose (voir : *Foie*).

## 2° Absorption par les chylifères.

Les chylifères sont à peu près la seule voie d'absorption des matières grasses ; l'état du chylifère central pendant la digestion, l'augmentation de la graisse dans le chyle, l'aspect même des chylifères, le démontre d'une façon indubitable.

L'absorption des peptones et de la glycose, au contraire, est très-restreinte, et il en est probablement de même de l'eau et des sels solubles.

Les substances absorbées par les chylifères arrivent directement au poumon sans passer par le foie.

Ainsi, en résumé, d'après les recherches des physiologistes, il est probable que, dans l'absorption alimentaire, les produits se groupent ainsi :

Capillaires.	Chylifères.
—	—
Peptones.	Graisse
Glycose.	Eau et sels.
Eau et sels.	

## 7° PHÉNOMÈNES POST-DIGESTIFS DANS L'INTESTIN.

Une fois la digestion accomplie dans les différentes parties du tube digestif, il se passe une série de phénomènes sur lesquels l'attention des physiologistes a été peu portée jusqu'ici. Le plus important de ces phénomènes est une chute de l'épithélium, une véritable desquamation ; en effet, le mucus filant, visqueux, ordinairement alcalin, qu'on obtient par le râclage de la muqueuse est constitué, comme on peut s'en assurer au microscope, par des cellules ou des débris de cellules épithéliales. D'après Kuss même,



















partielles sont proportionnelles aux quantités de gaz contenues dans l'air atmosphérique : Ainsi :

$$\text{La pression de l'oxygène. . . .} = \frac{760 \times 20,8}{100} = 158 \text{ millimètres.}$$

$$\text{La pression de l'azote. . . .} = \frac{760 \times 79,2}{100} = 601 \text{ millimètres.}$$

$$\text{La pression de l'acide carbonique} = \frac{760 \times 0,0005}{100} = 0,38 \text{ millimètres.}$$

On verra plus loin que les pressions partielles ne sont plus tout à fait les mêmes dans l'intérieur des poumons.

## 2. — AIR EXPIRÉ.

L'air expiré a la composition suivante que je rapproche de celle de l'air inspiré :

	Air expiré.	Air inspiré.
Oxygène. . . . .	15,4	20,8
Azote. . . . .	79,3	79,2
Acide carbonique . .	4,3	"
	<hr/> 99	<hr/> 100

Il se distingue donc par les caractères suivants de l'air inspiré :

1° Il contient moins d'oxygène;

2° Il contient plus d'acide carbonique; la présence de cet acide carbonique dans l'air expiré se démontre d'une façon très-simple; il suffit de souffler par un tube dans de l'eau de chaux ou de baryte; l'eau se trouble immédiatement par formation d'un carbonate insoluble qui se précipite;

3° Il contient un peu plus d'azote;

4° Il est saturé de vapeur d'eau qui provient des muqueuses pulmonaire et bronchique. Aussi quand cet air expiré arrive dans un air extérieur à température basse comme en hiver, la vapeur d'eau se précipite-t-elle sous forme d'un nuage de vapeur vésiculaire.

Gréhant a indiqué un procédé pour déterminer l'état hygrométrique de l'air expiré. On remplit d'eau à  $+38^{\circ}$  un cube de Leslie qui offre













c'est-à-dire une quantité égale à une large inspiration; la cloche est munie à sa partie supérieure d'un robinet et d'un tube de verre réunis par un caoutchouc. La personne en expérience introduit le tube dans la bouche, les narines étant hermétiquement fermées, et respire l'hydrogène de la cloche, qui reçoit aussi l'air expiré; on ouvre le robinet de la cloche à la fin d'une expiration et on le ferme après 4 ou 5 respirations. On a alors, dans la cloche, un mélange homogène d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique dont on fait l'analyse par les procédés ordinaires; ce mélange, comme s'en est assuré Gréhant, est identique comme proportion d'hydrogène avec l'air des poumons, autrement dit l'hydrogène, après 5 expirations faites dans la cloche, est distribué uniformément dans les poumons et dans la cloche; il n'y a donc plus qu'une proportion à faire, proportion dont on connaît trois termes, la quantité pour 100 d'hydrogène de la cloche à la fin de l'expérience et la quantité d'hydrogène = 1000 au début de l'expérience; il est facile d'en tirer le quatrième terme, savoir : le volume d'air contenu dans les poumons et dans la cloche, et par suite la capacité pulmonaire. Si, par exemple, l'air de la cloche à la fin de l'expérience renferme 23,5 centimètres cubes d'hydrogène pour 100, on aura la proportion :

$$23,5 : 100 :: 1000 : x = \frac{100 \times 1000}{23,5} = 4,255.$$

$x = 4,255$  représente le volume d'air contenu dans les poumons et dans la cloche, et la quantité d'air contenue dans les poumons après une inspiration d'un litre sera  $4,255 - 1000 = 3,255$ ; ce sera la capacité pulmonaire.

Pour avoir le volume absolu des poumons, il faudra naturellement faire la correction barométrique et la correction de température. Soit  $V$ , le volume à  $t$  degrés,  $f$ , la tension maximum de la vapeur d'eau à  $T$ , la température de l'air expiré,  $F$ , la tension maximum de la vapeur d'eau à  $T$  degrés,  $H$ , la pression barométrique,  $\alpha$ , le coefficient de dilatation des gaz,  $V^a$ , le volume absolu de l'air des poumons, on a la formule suivante :

$$V^a = \frac{V(1 + T\alpha)(H - f)}{(1 + t\alpha)(H - F)}$$

La capacité pulmonaire peut aussi s'apprécier directement sur un cadavre, en adaptant à la trachée un tube qui se rend dans une cloche sous le mercure. On ouvre alors les parois thoraciques et les plèvres; les poumons s'affaissent et chassent l'air qu'ils contenaient dans la cloche où on peut le mesurer.

La *capacité vitale* varie de 2 litres et demi à 4 litres; c

homme vigoureux, elle est d'environ 3,770 centimètres cubes. Chez la femme, elle est plus faible, 2,500 centimètres cubes en-

Elle augmente jusqu'à 35 ans, pour diminuer ensuite. Schnepf, un enfant de 5 à 7 ans renvoie 800 à 1,000 centimètres cubes d'air par une très-forte expiration, c'est-à-dire dix fois moins qu'un adulte. A la puberté, la capacité vitale augmente très-vite.

La capacité vitale augmente avec la taille (Hutchinson) et la largeur de la poitrine (Arnold.) Chez l'adulte, elle s'accroît de 10 centimètres cubes (40 chez la femme) par centimètre de poitrine. Le tableau suivant, emprunté à Vierordt, donne la capacité vitale chez les adultes pour les différentes tailles :

Taille en centimètres.	Capacité vitale en centimètres cubes.
154,5 à 157	2,635
157 à 159,5	2,841
159,5 à 162	2,982
162 à 164,5	3,167
164,5 à 167	3,287
167 à 169,5	3,484
169,5 à 172	3,560
172 à 174,5	3,634
174,5 à 177	3,842
177 à 179,5	3,884
179,5 à 182	4,034
182	4,454

Le mouvement augmente le volume de l'air expiré. Si on reporte par 1 le volume de l'air expiré dans le décubitus dorsal, on aura les chiffres suivants (Smith) :

Décubitus dorsal . . .	1
Station assise. . . . .	1,18
Lecture . . . . .	1,26
Station debout . . . . .	1,33
Marche lente. . . . .	1,9
Marche rapide . . . . .	4,0
Course . . . . .	7,0

**Composition de la masse gazeuse des poumons.** — La composition gazeuse des poumons n'a pas une composition uniforme ; elle n'est pas la même dans les diverses parties des voies aériennes. L'air contenu dans les couches profondes est plus pauvre

en oxygène, plus riche en acide carbonique et en vapeur d'eau. Si l'on fractionne en deux portions l'air expiré, la première portion, qui vient des parties supérieures de l'arbre aérien, contient moins d'acide carbonique (3,7 p. 100) que la deuxième (5,4 p. 100) qui vient des parties plus profondes (Vierordt). De cette différence de composition, il résulte que, même en l'absence de tout mouvement respiratoire, il s'établit dans les voies respiratoires des courants de diffusion, un courant d'oxygène allant de haut en bas, et un courant d'acide carbonique allant de bas en haut. Si on arrête complètement tout mouvement de respiration et qu'on mette par la bouche grande ouverte les poumons en communication avec un réservoir d'air, on y trouve au bout d'un certain temps des quantités appréciables d'acide carbonique. Ce sont ces courants qui, dans les cas d'hibernation et de mort apparente, suffisent pour entretenir la respiration sans ventilation pulmonaire. Mais ce sont là des cas exceptionnels et, à l'état normal, pour entretenir la vie, il faut une respiration et par suite une ventilation plus active.

L'air des vésicules pulmonaires doit être plus chargé d'acide carbonique que l'air expiré. Il est difficile de l'évaluer d'une façon précise. Cependant, en ayant égard à la composition de dernières fractions de l'air expiré, on pourrait admettre 7 à p. 100 d'acide carbonique; cette composition est du reste variable, et dans l'inspiration la proportion d'acide carbonique doit être moins considérable et se rapprocher de la composition l'air expiré. En effet, dans l'inspiration, les vésicules pulmonaires se dilatent et leur cavité se remplit de l'air plus pur des divisions bronchiques.

Le renouvellement de l'air dans les poumons se fait de façon suivante: A chaque inspiration 500 centimètres cubes en moyenne, pénètrent dans les poumons. Cet air pur ne parvient pas du premier coup jusqu'aux vésicules pulmonaires, il arrive que dans les premières divisions bronchiques où les courants de diffusion s'établissent rapidement entre lui et l'air plus profondément situé. L'expiration qui fait suite à cette inspiration renvoie 500 centimètres cubes d'air vicié sur lequel 170 centimètres cubes d'air pur sont rejetés avec l'air vicié tenu antérieurement dans les poumons. En effet, en remplaçant l'air pur, d'après le procédé de Gréhant, par de l'hydrogène, on retrouve 170 centimètres cubes d'hydrogène dans l'air





















PHYSIOLOGIE FONCTIONNELLE.

et le tableau suivant, qui donne les pressions de l'oxygène dans l'air des vésicules et dans le sang, indique sous quelle pression se fait l'absorption de ce gaz par le sang dans les divers états respiratoires.

	TENSION DE L'OXYGÈNE		Différence.
	dans les capillaires des poumons.	dans l'air des vésicules.	
Inspiration calme . . .	44 mill.	129 mill.	85 mill.
Inspiration profonde . .	44 —	140 —	96 —
Expiration calme . . .	44 —	121 —	77 —
Expiration profonde . .	44 —	110 —	66 —

On voit par ce tableau que l'absorption de l'oxygène se fait dans l'inspiration comme dans l'expiration, mais plus faiblement dans cette dernière. Il faut cependant remarquer que, dans ce tableau, la pression de l'oxygène dans les capillaires a été supposée la même dans l'inspiration et dans l'expiration (voir : *Circulation*). L'affinité des globules rouges pour l'oxygène explique comment il se fait qu'on puisse continuer à respirer dans une atmosphère très-raréfiée, et comment, lorsqu'on fait respirer un animal dans un espace clos, l'oxygène finit par disparaître, même quand ce espace clos était primitivement rempli d'oxygène pur.

L'absorption d'oxygène augmente par le mouvement ; Hirn a trouvé les chiffres suivants pour les quantités d'oxygène absorbées par heure dans le repos et dans le mouvement :

	Age.	Poids du corps.	Quantité d'oxygène absorbée par heure	
			Repos.	Mouvement.
Homme . . .	42 ans	63 kilogr.	27 <sup>gr</sup> ,7	120 <sup>gr</sup> ,1
Homme . . .	42 —	85 —	32 ,8	142 ,
Homme . . .	47 —	73 —	27 ,0	128 ,
Homme . . .	18 —	52 —	39 ,1	100 ,
Femme . . .	18 —	62 —	27 ,0	108 ,

Le froid augmente aussi l'absorption d'oxygène.

## B. — ÉLIMINATION D'ACIDE CARBONIQUE.

Une expiration d'un demi-litre renvoie 21,5 centimètres cubes d'acide carbonique environ, ce qui donne pour 15,500 centimètres cubes ou 900 grammes d'acide carbonique du sang pulmonaire se fait, pour la plus grande partie, en































et, par conséquent, la quantité d'urée  
passage; cependant, le chiffre de 120 gr  
un peu arbitrairement. Des notions pl  
par la comparaison de la composition  
sérum sanguin et lymphatique et surto  
du sang de l'artère et de la veine rénale

Le tableau suivant donne la composition  
du plasma sanguin et du sérum lymphatique

	Urine
Eau . . . . .	960,00
Matières albuminoïdes . . . .	—
Fibrine . . . . .	—
Urée . . . . .	23,30
Acide urique . . . . .	0,50
Chlorure de sodium . . . . .	11,00
Acide phosphorique . . . . .	2,30
Acide sulfurique . . . . .	1,30
Phosphates terreux . . . . .	0,80

La comparaison des cendres de l'urine  
du sérum lymphatique n'est pas moins in

Pour 100 parties.	Urine	Sérum
Chlorure de sodium . . . . .	67,26	72
Potasse . . . . .	13,64	9
Soude . . . . .	1,33	15

proportions des divers principes de l'urine d'une part, du sang et de lymphes de l'autre.

La comparaison du sang de l'artère rénale et du sang de la veine donne des résultats importants. Cl. Bernard a constaté que, pendant l'activité du rein, le sang de la veine rénale est rouge comme du sang artériel, et il rattache cette coloration à l'activité glandulaire; quand la sécrétion est arrêtée, au contraire, le sang reprend les caractères du sang veineux; l'analyse des gaz du sang de la veine rénale lui a donné des résultats concordants: voici les chiffres trouvés pendant la sécrétion et pendant l'arrêt de la sécrétion:

	Oxygène.	Acide carbonique.
Pendant la sécrétion (sang rouge). . . . .	17 <sup>cc</sup> ,26	3 <sup>cc</sup> ,13
Pendant l'arrêt de la sécrétion (sang noir) . . . . .	6 ,40	6 ,40

Les chiffres suivants, trouvés par Mathieu et L'abbé, diffèrent un peu de ceux de Cl. Bernard:

	SANG RÉNAL DE CHIEN.			SANG RÉNAL DE LAPIN.	
	Artériel.	Veineux.	Veineux.	Artériel.	Veineux.
Oxygène. . . . .	23 <sup>cc</sup> ,60	12 <sup>cc</sup> ,55	20 <sup>cc</sup> ,17	15 <sup>cc</sup> ,58	11 <sup>cc</sup> ,00
Acide carbonique . . . . .	49 ,78	30 ,26	16 ,00	48 ,84	28 ,88

Le sang perdrait donc de l'acide carbonique pendant son passage dans le rein.

D'après Cl. Bernard, le sang artériel en passant dans le rein perdrait très-peu d'oxygène, fait en désaccord avec les expériences de Schmidt citées plus haut sur l'action oxydante du rein. Fleischhauer, qui a répété les expériences de Cl. Bernard, ne rattache pas la coloration rouge du sang veineux à l'activité glandulaire; si, par l'excitation du grand nerf splanchnique, on produit dans la glande des intervalles de repos et d'activité, la couleur du sang ne varie pas et le sang ne deviendrait noir que par l'exposition de l'organe à l'air.

Le sang veineux du rein contient très-peu de fibrine et se coagule difficilement, et seulement après une longue exposition à l'air. Simon donne l'analyse suivante du sang du rein:

	Sang artériel.	Sang veineux.
Eau. . . . .	790	778
Résidu solide . . . . .	210	222
Albumine . . . . .	90,30	99
Fibrine . . . . .	8,28	0







plus forte que la pression du liquide contenu dans les canalicules urinaires. Aussi est-ce la différence entre ces deux pressions et l'excès de la première sur la seconde qui détermine la sécrétion. Quand cette différence diminue ou s'égale, soit en diminuant la pression sanguine (section de la moelle, saignées), soit en augmentant la pression dans les canalicules (ligature de l'uretère), la sécrétion urinaire diminue et peut même s'arrêter tout à fait. L'effet inverse se produit quand cette différence s'accroît, comme par l'augmentation de pression sanguine (ligature de l'aorte au-dessous de l'artère rénale, injection d'eau dans le sang, etc.).

L'accroissement de pression sanguine ne fait pas seulement hausser la quantité d'eau de l'urine, elle fait hausser encore les principes solides, mais pas dans une aussi forte proportion.

L'état du sang n'a pas moins d'influence. La composition du sang oscille autour d'une certaine moyenne; toutes les fois que cette moyenne est dépassée, toutes les fois que des principes déjà existants dans le sang s'y trouvent en excès, ou que des principes nouveaux y sont introduits, ces principes sont éliminés et le rein est la principale voie de cette élimination. C'est ainsi que les boissons augmentent la proportion d'eau de l'urine; c'est ainsi qu'après l'ingestion dans le sang de chlorure de sodium (Kaupp), de phosphate et de sulfate de soude (Sick), ces substances apparaissent dans l'urine en proportions variables, suivant la dose administrée. La glycosurie se montre quand la glycose dépasse 0,6 p. 100 dans le sang. Enfin, le passage dans l'urine des substances diffusibles introduites dans l'organisme se fait avec une très-grande rapidité. (Wiehler.) On comprend alors comment il peut se faire qu'il y ait tant de différences entre les urines des herbivores et celles des carnivores, l'état du sang étant sous l'influence immédiate de l'alimentation. Les reins ont donc une véritable action dépuratrice et antitoxique. Aussi quand on empêche l'élimination urinaire par la néphrotomie ou la ligature de l'uretère, les accidents toxiques se montrent bien plus rapidement; tandis que, si les voies urinaires éliminent le poison au fur et à mesure de son absorption, l'empoisonnement ne se produit pas; c'est ce qui arrive, par exemple, si le curare est introduit dans l'estomac. (Cl. Bernard; Hermann.)

L'activité des cellules glandulaires du rein et leur rôle dans la sécrétion sont encore très-controversés. On ne peut cependant mettre en doute aujourd'hui cette activité; seulement s'exerce-t-





























toires proprement dites, qui détermineraient par leur excitation soit la production de la mucine, soit la sécrétion pure et simple de salive.

Ces faits étant connus, voici comment peut se comprendre le mécanisme de la sécrétion salivaire. Cette sécrétion se compose de deux phases ou de deux actes successifs, l'un préparatoire l'autre essentiel.

L'acte préparatoire consiste en une filtration du plasma sanguin dans les lacunes lymphatiques qui entourent les *acini* glandulaires. Cet acte est sous la dépendance immédiate de la circulation et par conséquent des nerfs vasculaires. Ces nerfs, en réglant la circulation glandulaire, règlent aussi la filtration et par suite la quantité de matériaux dont les cellules glandulaires peuvent disposer. L'influence de la circulation sur la sécrétion est donc indirecte et médiée; aussi peut-on, par l'excitation de la corde du tympan, produire la salivation sous-maxillaire, même quand la circulation est interrompue dans la glande, par exemple sur une tête séparée du tronc.

L'acte essentiel constitue la sécrétion proprement dite; il est dû à l'activité spéciale des cellules glandulaires, indépendant par conséquent de la circulation, et se trouve sous l'influence de nerfs spéciaux, nerfs sécréteurs ou glandulaires. Aussi la pression de la salive dans les conduits excréteurs peut-elle dépasser la pression du sang artériel qui se rend à la glande. (Ludwig.) Le même physiologiste a trouvé la température de la salive du canal de Wharton plus haute de 1°,5 que celle du sang de la carotide. Certains poisons paralysent l'activité des nerfs glandulaires sans agir sur la circulation; c'est ainsi que l'atropine arrête la sécrétion. (Heidenhain.)

L'origine des divers principes de la salive n'est pas expliquée d'une façon satisfaisante pour quelques-uns d'entre eux, en particulier pour le sulfocyanure de potassium. Quant déjà le mode de formation de la mucine; quant à la mucine quoique plusieurs physiologistes, Cl. Bernard par exemple, ont cru qu'elle n'existait que dans la salive mixte, il semble aujourd'hui qu'elle existe en réalité dans les salives pures au moins dans les salives sous-maxillaire et sublinguale est un produit de l'activité des cellules glandulaires.

Ce qui vient d'être dit de la sécrétion salivaire s'applique





























































II. — SORTIES (¹).

	Total.	Eau.	Carbone.	Hydrogène.	Azote.	Oxygène.	Sels.
Respiration . . . . .	1229,9	330	248,8	—	?	651,15	—
Eau . . . . .	669,8	660	2,6	—	—	7,2	—
Urine . . . . .	1766,0	1700	{ 6,8 }	{ 2,3 }	{ 15,8 }	{ 9,1 }	{ 26 }
			{ 3,0 }	{ 1,0 }	{ — }	{ 2,0 }	
Fèces . . . . .	172,0	128	20,0	3,0	3,0	12,0	6
Eau formée dans l'organisme . . . . .	296,3	—	—	32,89	—	263,41	—
	4134	2818	281,2	39,19	18,8	944,86	32

On voit, d'après le tableau des entrées, que dans l'alimentation les principes azotés sont aux principes non azotés dans le rapport de 1 à 3 %.

Ce rapport est en effet à peu près conservé dans les rations alimentaires employées pour les adultes dans les différents pays.

Le second tableau montre que la respiration élimine 32 p. 100, la peau 17 p. 100, l'urine 46,5 p. 100, les fèces 4,5 p. 100 environ de la totalité des produits éliminés.

La part que prennent les différents organes et les différents tissus de l'organisme dans les phénomènes de nutrition n'a pu encore être faite d'une façon satisfaisante, et il a été jusqu'ici impossible de dresser pour chaque organe comme on l'a fait pour l'organisme entier, le bilan de la recette et de la dépense, autrement dit la statique de la nutrition; on sait seulement que cette nutrition est plus active dans certains organes que dans d'autres sans qu'on puisse cependant la formuler en chiffres précis.

Il peut être important pour l'étude des actes nutritifs dans les différents organes de connaître le poids des organes et des tissus les plus importants du corps; voici ces poids, en grammes, d'après les recherches de Krause et E. Bischoff :

(¹) Les chiffres supérieurs placés entre accolades sur la ligne de l'urine correspondent aux éléments des principes azotés, les chiffres inférieurs, aux éléments des principes non azotés. Les 2963,3 d'eau formés dans l'organisme ont été comptés à part pour faciliter la comparaison de l'eau ingérée avec l'alimentation et de l'eau éliminée.























ENTRÉES. Pour 100 parties.	SORTIES.					
	Par les excréments.		Par l'urine.		Par la perspiration.	
	Cheval.	Chat.	Cheval.	Chat.	Cheval.	Chat.
Eau.....	61,8 %	1,2 %	5,9 %	82,9 %	32,3 %	15,9 %
Carbone....	34,6	1,2	2,7	9,5	62,7	89,4
Hydrogène.	40,3	1,1	2,5	23,2	57,2	75,6
Azote.....	55,7	0,2	27,1	99,1	17,2	0,7
Oxygène...	41,4	0,2	1,0	4,1	57,6	95,7
Cendres....	{ 85,5	{ 92,9	{ 16,2	{ 7,1	—	—
Soufre.....		{ 50,0 }		{ 50,0		

La première conclusion à tirer de ce tableau c'est que, chez les herbivores, comme le montre la colonne des excréments, il n'y a guère que 45 p. 100 des aliments introduits qui soient absorbés, ce qui tient évidemment à la constitution même et à la nature des substances végétales qui entrent dans leur alimentation et qui contiennent toujours une grande proportion de principes réfractaires. Un autre fait, c'est l'importance de l'urine, comme voie d'élimination, chez les carnivores. Si on recherche quelle est la proportion de principes *assimilés* éliminés par l'urine et par la perspiration chez les herbivores et les carnivores, on trouve les chiffres suivants :

PRINCIPES ASSIMILÉS pour 100 parties.	ÉLIMINATION par l'urine.		ÉLIMINATION par la perspiration.	
	Cheval.	Chat.	Cheval.	Chat.
	—	—	—	—
Eau. . . . .	12,8 %	83,9 %	87,2 %	16,1 %
Carbone. . . . .	4,3	9,6	95,7	90,4
Hydrogène. . . . .	4,2	23,4	95,8	76,6
Azote. . . . .	61,2	99,2	38,8	0,8
Oxygène, . . . . .	1,7	4,2	98,3	95,8

La nutrition chez les *omnivores* sera, *à priori*, intermédiaire entre celle des herbivores et des carnivores, et plus ou moins rapprochée des uns ou des autres, suivant la prédominance des substances végétales ou animales dans l'alimentation.

B. — INFLUENCE DU MOUVEMENT MUSCULAIRE SUR LA NUTRITION.

On a vu déjà, à propos de la théorie de la nutrition musculaire (voir page 279), que deux opinions principales sont en présence sur les phénomènes chimiques qui se passent dans les muscles pendant leur contraction. Suivant les uns, le muscle emploierait des matériaux azotés; suivant d'autres, au contraire,

















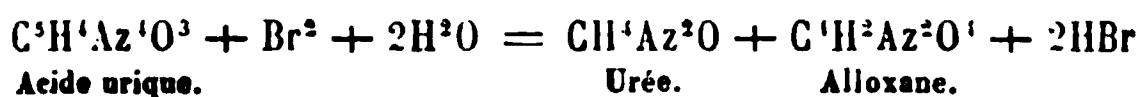




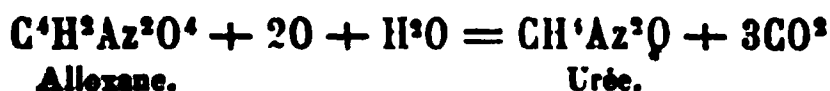




Par l'eau bromée, l'acide urique se transforme en urée et alloxane :



et l'alloxane à son tour se transforme en urée et acide carbonique :



Enfin l'ozone le transforme directement en urée et acide carbonique.

A ces faits chimiques viennent s'ajouter des faits physiologiques. L'ingestion d'acide urique, ou son injection dans les veines, augmente la quantité d'urée de l'urine en même temps que l'oxalate de chaux (homme), et chez le lapin, augmente uniquement la quantité d'urée. Cependant, malgré toutes ces raisons, il est très-probable qu'il n'y a pas entre la production de l'acide urique et celle de l'urée, la liaison supposée généralement. Après une alimentation azotée très-abondante, suivie d'un repos absolu, la quantité d'urée augmente considérablement, celle de l'acide urique très-peu, et cependant si la théorie ordinaire était vraie, ce serait l'inverse qui devrait avoir lieu, et l'excès d'aliments azotés ingérés dans des conditions peu favorables à une oxydation interne énergique devrait produire au contraire une augmentation très-forte d'acide urique. Si cet acide urique existe surtout dans les urines des reptiles chez lesquels les combustions internes sont très-lentes, il se montre aussi chez les oiseaux dont l'activité respiratoire dépasse celle des mammifères. De ces faits on peut conclure que les origines de l'urée et de l'acide urique sont différentes, et que, si les deux sont des produits de désassimilation de matériaux azotés, le lieu de cette désassimilation doit être cherché dans des points différents de l'organisme.

Ce qui vient d'être dit de l'acide urique peut se dire aussi des autres substances qu'on considère en général comme les prédécesseurs de l'urée et en particulier de la créatine. Là aussi des raisons chimiques tendent à faire admettre cette opinion. La créatine, en effet, peut se décomposer en sarcosine et en urée :



Mais la créatine se rencontre surtout dans les muscles, dans lesquels on ne trouve pas d'urée à l'état normal, et si l'urée provenait de la créatine, il faudrait, pour donner les 35 grammes d'urée éliminée par jour par l'urine, qu'il se formât dans les muscles près de 60 grammes de créatine.









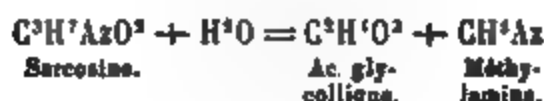
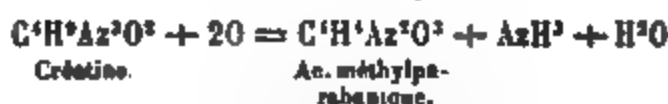
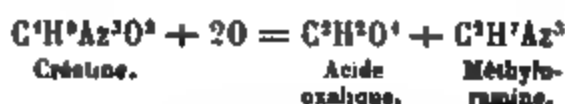




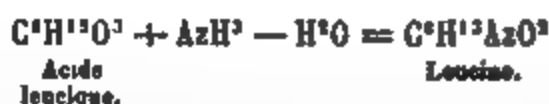
trouve dans l'urine. Il paraît à peu près certain que la créatinine de l'urine provient de la créatine et que cette dernière se forme dans les muscles et les nerfs, et peut-être aussi aux dépens de l'alimentation. Cependant les recherches sur la proportion de créatine dans les muscles après l'exercice musculaire sont loin de concorder et il est difficile d'arriver à des résultats positifs. D'après les observations déjà citées, l'urée ne proviendrait pas de la même origine que la créatine et ne pourrait être considérée comme un produit de désassimilation de cette dernière, quoique cette urée se trouve parmi les produits de décomposition de la créatine. D'après Feltz et Ritter, la créatine est assez réfractaire à l'oxydation dans l'organisme. Si on examine quels sont les produits de décomposition que fournit la créatine, on y trouve, outre l'urée, un certain nombre de principes, sarcosine, méthylamine, méthyluramine, acide méthylparabanique, etc., qui ont des rapports intimes avec la xanthine, l'hypoxanthine, la guanine et l'acide urique. Les formules suivantes donnent les principales décompositions de la créatine :



ou encore :



G. LEUCINE et TYROSINE. — La leucine,  $\text{C}^6\text{H}^{12}\text{AzO}^3$ , est un amide de l'acide leucique ou oxycaproïque :



La tyrosine,  $\text{C}^9\text{H}^{11}\text{AzO}^3$ , est un amide dont la nature est encore inconnue. Toutes les deux dérivent de matières albuminoïdes et surtout de la glutine, de la chondrine et de la mucine ; elles se forment aussi dans la digestion, spécialement dans la digestion pancréatique, et Hofmeister considère même les peptones comme formées par un mélange de leucine, de tyrosine et de corps analogues aussi éloignés que ces sub-



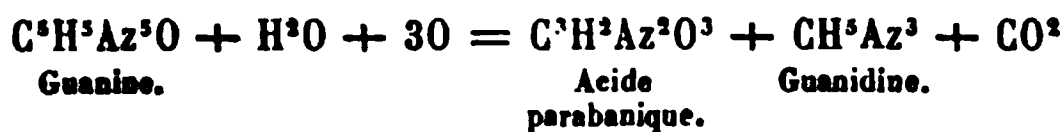
stances des albuminoïdes. La leucine se rencontre surtout dans les glandes ordinaires et dans les glandes vasculaires sanguines; la tyrosine au contraire ne se forme qu'après la mort et n'existe guère pendant la vie que dans le suc pancréatique.

Ces deux substances, comme la glycocole, pourraient bien être, comme on l'a vu, une des sources de l'urée.

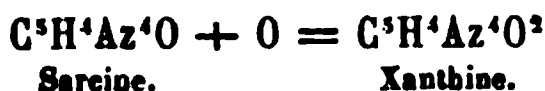
H. GUANINE, XANTHINE et SARCINE. — Ces trois corps ont des relations très-intimes entre eux et avec l'acide urique (voir : *Acide urique*). La *guanine* donne par l'oxydation un corps isomère de la *xanthine*, l'*isoxanthine* :



Elle donne encore, par l'oxydation, de l'acide parabanique, de la guanidine et de l'acide carbonique.



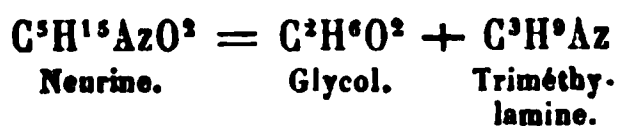
La *sarcine* ou *hypoxanthine* se transforme en *xanthine* par l'oxydation.



I. LÉCITHINE et NEURINE. — La *lécithine*,  $\text{C}^{44}\text{H}^{90}\text{AzPhO}^9$ , peut être considérée comme une combinaison de l'acide phosphoglycérique et de l'acide stéarique avec la neurine.



La *neurine* ou *choline*,  $\text{C}^5\text{H}^{15}\text{AzO}^3$ , dérive du glycol et de la triméthylamine :



La neurine, qui se rencontre spécialement dans la bile, provient évidemment de la décomposition de la lécithine, et c'est probablement cette neurine qui, par une décomposition plus avancée, donne naissance aux petites quantités de triméthylamine qu'on a trouvées dans les produits de distillation de l'urine et du sang.

L'acide phosphoglycérique,  $\text{C}^3\text{H}^3\text{PhO}^6$ , est constitué par l'union de





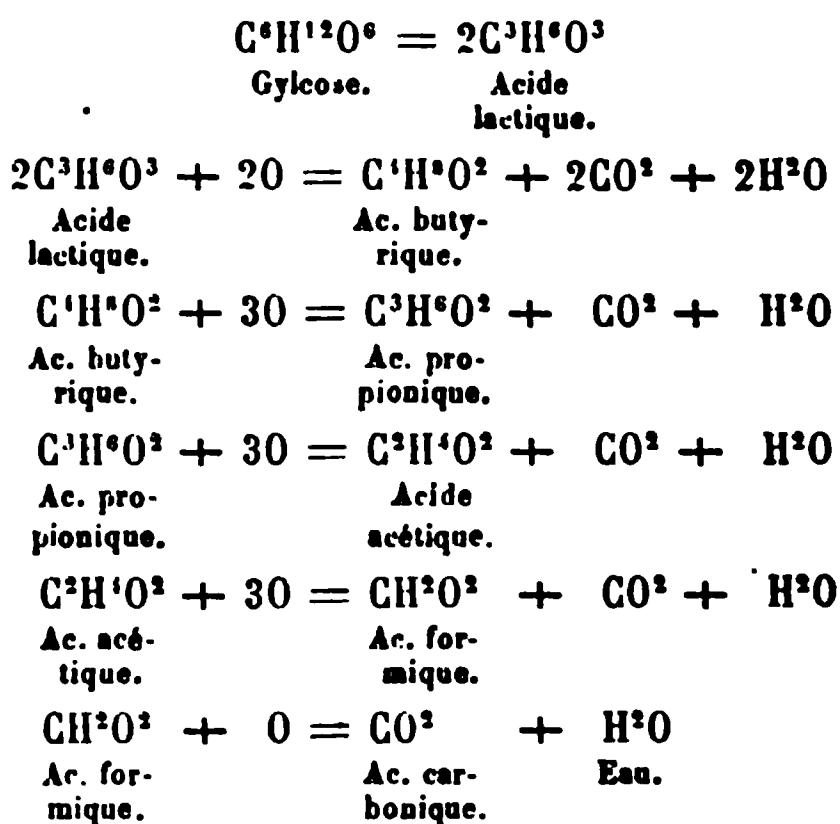
W. v. Knieriem a vu en effet l'ingestion de chlorhydrate d'ammoniaque augmenter la quantité d'urée.

## 2° Produits de désassimilation non azotés.

La plupart des produits de désassimilation non azotés peuvent provenir de deux sources: 1° des substances azotées (de l'organisme ou de l'alimentation); 2° des matières non azotées, graisses, hydrocarbonés, etc. Il est donc difficile de dire *à priori* si tel produit doit être rattaché à l'une ou à l'autre origine.

Les termes finaux de la décomposition des produits non azotés sont l'acide carbonique et l'eau, comme l'ammoniaque est le terme de la désassimilation des principes azotés; mais là encore la décomposition s'arrête souvent avant d'arriver à la production d'acide carbonique et d'eau et il en résulte un certain nombre de principes intermédiaires plus ou moins riches en carbone et en hydrogène.

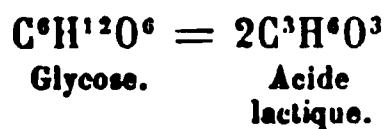
A. ACIDES GRAS VOLATILS. — Les acides gras volatils, formique, acétique, propionique, butyrique, etc., peuvent provenir, soit de la décomposition des graisses (glycérine et acides gras; voir page 200), soit de la décomposition des hydrocarbonés, ou de l'acide lactique formé à leurs dépens.



En outre, les acides gras volatils se produisent aussi dans la décomposition des substances albuminoïdes, de sorte qu'une partie de ces acides, encore indéterminée, provient de la désassimilation des substances azotées.

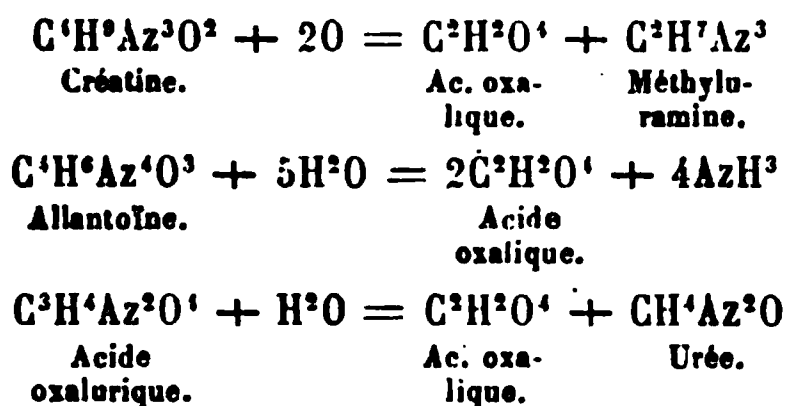
B. ACIDES LACTIQUE, OXALIQUE, etc. — L'acide lactique,  $\text{C}^3\text{H}^6\text{O}^3$ , se

forme aux dépens des hydrocarbonés (glycose), sous l'influence de la fermentation lactique.



Cet acide lactique est produit principalement dans les muscles et probablement par la décomposition de la glycose fabriquée dans le foie et apportée aux muscles par le sang (voir : *Glycogénie*), et peut-être aussi aux dépens de la substance glycogène du muscle et de l'inosite,  $\text{C}^6\text{H}^{12}\text{O}^6 + 2\text{H}^2\text{O}$ , ou sucre musculaire. Cet acide lactique est ensuite repris par la circulation et probablement décomposé pour fournir de l'acide carbonique et de l'eau.

L'acide oxalique,  $\text{C}^2\text{H}^2\text{O}^4$ , peut provenir aussi bien des substances azotées que des substances non azotées. Ainsi la créatine et deux des produits de l'acide urique, l'allantoïne et l'acide oxalurique, donnent naissance à l'acide oxalique, et Wöhler et Frerichs ont vu l'ingestion d'acide urique augmenter la quantité d'oxalate de chaux de l'urine.



Les graisses fournissent aussi de l'acide oxalique (voir page 201) et il en est de même des hydrocarbonés :



Mais, à l'état normal, la production d'acide oxalique dans l'organisme est très-limitée et c'est à peine si on en trouve une petite quantité dans l'urine (sous forme d'oxalate de chaux); habituellement la décomposition des substances qui lui ont donné naissance n'en reste pas là et, par son oxydation ultérieure, l'acide oxalique se transforme en acide carbonique et en eau :



L'acide oxalique peut aussi provenir de la décomposition des acides végétaux et de l'alimentation végétale.

Le lieu de formation de l'acide oxalique est tout à fait inconnu.

Les acides aromatiques, comme l'acide benzoïque, peuvent provenir aussi du dédoublement des albuminoïdes.





il en résulterait que ces substances peuvent, grâce à cette propriété, épargner une certaine quantité d'aliments, d'où le nom d'aliments d'épargne ou antidépenseurs qui leur a été donné. Mais les recherches sur ce sujet sont encore trop insuffisantes pour qu'on puisse formuler des conclusions précises. (Voir : Marvaud, *Effets physiologiques et thérapeutiques des aliments d'épargne*, 1871.)

**Bibliographie de la nutrition.** — BOUSSINGAULT : *Economie rurale*, 1844. — DUMAS et BOUSSINGAULT : *Essai de statique chimique des êtres organisés*, 1844. — BARRAL : *Statique chimique des animaux*, 1850. — L. W. BISCHOFF et VOIT : *Die Gesetze der Ernährung*, 1860. — PETTENKOPF et VOIT et ÉCOLE DE MÜNICH : Série de mémoires dans la *Zeitschrift für Biologie*, *passim*. — RITTER : Thèse sur les *Modifications chimiques que subissent les sécrétions sous l'influence de quelques agents qui modifient le globule sanguin*, 1872. — W. BÄHRER : *Grundlinien der Pathologie des Stoffwechsels*, 1874. — Voir en outre les *Traité de chimie physiologique* et les *Recueil de chimie* pour les travaux de BOUSSINGAULT, LIEBIG, DUMAS, etc.

## ARTICLE SECOND. — PHYSIOLOGIE DU MOUVEMENT.

Les organismes vivants sont des producteurs de forces vives. Ces forces vives, comme on l'a vu dans les prolégomènes, ne sont en réalité que des modes divers de mouvement, mouvement qui se dégage tantôt sous forme de travail mécanique extérieur, tantôt sous forme de chaleur ou d'électricité, tantôt enfin sous cette forme plus obscure et plus mystérieuse encore à laquelle on donne habituellement le nom de force nerveuse ou d'innervation.

### 1. — PRODUCTION DE TRAVAIL MÉCANIQUE.

Le travail mécanique est produit dans l'organisme par les muscles, qui constituent les organes *actifs* du mouvement. Les conditions générales de la contraction musculaire ont déjà été étudiées dans la Physiologie générale ; il ne s'agira donc ici que des muscles considérés comme moteurs mécaniques et des effets qu'ils produisent, comme forces motrices, par leur application aux parties mobiles du corps et en particulier aux diverses pièces du squelette qui constituent les organes *passifs* du mouvement. La mécanique animale n'a pas, en réalité, d'autres lois que la mécanique ordinaire, seulement la complexité des organes actifs ou passifs qui entrent en jeu dans un acte déterminé rend très-difficile le calcul des puissances et des résistances, et explique









l'os mobile de l'os fixe dans l'articulation A ; c'est donc l'inverse de ce que nous avons vu précédemment ; mais son effet est toujours perdu pour le mouvement de l'os ; l'autre composante  $M'b$  tire le point M' dans la direction  $M'b$  et possède seule un effet utile. On comprend maintenant l'utilité des saillies articulaires sur lesquelles les tendons se réfléchissent ; en augmentant l'angle d'incidence du muscle sur l'os mobile, elles favorisent d'autant l'action de la force motrice.

Il est facile de trouver avec cette construction, l'intensité de la force utilisée à chaque instant de la contraction quand on connaît la force du muscle. Il suffit en effet de donner à la ligne  $MM'$  la valeur de la force du muscle et de construire le rectangle des forces comme dans les figures ci-jointes ; on aura immédiatement la valeur des deux composantes  $M'a$  et  $M'b$  en comparant leur longueur à celle de la diagonale du rectangle  $M'M$ .

Il est important de remarquer que, suivant qu'un muscle sera au début ou à la fin de sa contraction, il y aura pression des surfaces articulaires les unes contre les autres ou tendance à l'écartement de ces surfaces. Beaucoup de muscles ne passent pas par les trois positions que nous avons étudiées, et cessent d'agir avant d'avoir atteint leur moment, c'est-à-dire le point où leur traction s'exerce perpendiculairement à l'os mobile. Quoi qu'il en soit, tous les mouvements imprimés à un os par la contraction d'un muscle, peuvent être ramenés à un des trois cas précédents.

Nous avons supposé un muscle tendu sur une seule articulation et allant d'un os à l'os contigu ; mais il y a des muscles tendus sur plusieurs articulations et dont les contractions peuvent par conséquent s'exercer sur plusieurs os à la fois. Ici le problème est plus complexe ; on peut toujours, il est vrai, apprécier l'action d'un muscle sur une articulation donnée, en supposant toutes les autres fixes et les passer ainsi en revue les unes après les autres ; mais on n'a pas là ce qui se passe en réalité, et ces mouvements, que nous supposons se faire successivement, se font simultanément et se modifient les uns les autres.

Dans tous ces mouvements, l'os mobile représente un levier dont le point d'appui est à l'articulation avec l'os fixe, la puissance au lieu d'insertion du muscle moteur, la résistance, en un point quelconque variable où vient s'appliquer la résultante des

actions de la pesanteur et des obstacles au déplacement de l'os mobile (résistance des antagonistes, tension des parties molles, etc.), et suivant les positions respectives de ces trois points, l'os mobile représentera un levier du premier, du deuxième ou du troisième genre.

*Dans le levier du premier genre*, le point d'appui se trouve entre la puissance et la résistance. C'est ce qui arrive, par exemple, dans l'équilibre de la tête sur la colonne vertébrale; le point d'appui correspond à l'articulation occipito-atloïdienne; la résistance se trouve en avant de l'articulation, sur une perpendiculaire abaissée du centre de gravité de la tête qui par son poids tend à s'incliner en avant; la puissance est en arrière, au point d'insertion des muscles de la nuque. La colonne vertébrale, dans ses différentes pièces, le tronc sur le bassin, la jambe sur le pied représentent un levier du même genre. Le levier du premier genre peut être appelé le *levier de la station*. Il se présente exceptionnellement, chez l'homme, dans certains mouvements; ainsi dans le mouvement d'extension de l'avant-bras sur le bras, le point d'appui est à l'articulation du coude, la puissance derrière l'articulation à l'insertion du triceps, la résistance (poids de l'avant-bras) en avant de l'articulation.

*Dans le levier du second genre*, la résistance est entre la puissance et le point d'appui. Dans ce levier, le bras de levier <sup>(1)</sup> de la puissance est toujours plus long que le bras de levier de la résistance; ce levier est très-avantageux au point de vue de la force puisque, les forces étant inversement proportionnelles à leurs bras de levier, il suffira d'une force médiocre pour vaincre une résistance considérable; mais il est désavantageux au point de vue de la vitesse, car les vitesses, ou les déplacements des points d'application des deux forces, sont proportionnelles à leurs bras de levier. Ainsi, si le bras de levier de la puissance = 10 et celui de la résistance = 1, il suffira d'une force égale à 1 kilogramme pour déplacer une résistance de 10 kilogrammes, mais le point d'application de la puissance se déplacera de 10 mètres pendant que celui de la résistance ne se déplacera que de 1 mètre. Le levier du second genre est donc le *levier de la force*. Il ne se présente que rarement dans la machine animale;

---

(1) On appelle *bras de levier* la distance qui sépare le point d'appui du point d'application de la force (puissance ou résistance).





























(fig. 86, p. 552), où *I'I* représente la longueur du pas, *I'I* sera d'autant plus considérable que *JG* sera plus court et l'hypothénuse *I'G* plus longue. La longueur du pas sera donc plus grande si : 1° la jambe portante *JG* se fléchit pour abaisser le point *G* ; aussi le tronc est-il d'autant plus bas qu'on marche plus vite, et si : 2° la jambe étendue *I'G* est plus longue ; les personnes à longues jambes et à grand pied font de plus grandes enjambées.

2° *Durée ou nombre des pas.* — La durée du pas peut être diminuée de deux façons : 1° en diminuant la durée de l'oscillation de la jambe, ce qui peut se faire, soit en fléchissant fortement la jambe, ce qui rend son oscillation plus rapide (le pendule étant plus court), soit en arrêtant plus rapidement l'oscillation et en posant le pied à terre dès que la jambe oscillante atteint la verticale du centre de gravité ; 2° en diminuant le temps pendant lequel les deux jambes touchent le sol ; on a vu plus haut que ce temps peut même être réduit à 0 (fait nié cependant par Carlet).

Le tableau suivant donne, d'après Weber, les rapports entre la durée et la longueur du pas et la vitesse de la marche :

Durée du pas en secondes.	Longueur du pas en millimètres.	Vitesse de la marche par seconde en millimètres.
0,335	851	2,397
0,417	804	1,928
0,480	790	1,646
0,562	724	1,288
0,604	668	1,108
0,668	629	942
0,846	530	627
0,966	448	464
1,050	398	379

## 2° Course.

On a vu tout à l'heure que, dans la marche très-rapide, le temps pendant lequel les deux jambes touchent le sol peut être réduit à 0, de façon que le tronc ne repose jamais que sur une seule jambe ; cette marche rapide représente une sorte d'intermédiaire entre la marche ordinaire et la course. Dans la course en effet, il y a un temps pendant lequel les deux jambes sont déla-







































cique, on fait une inspiration profonde, puis la glotte se ferme et les muscles expirateurs se contractent alors énergiquement. Cette occlusion de la glotte a été constatée directement chez les animaux ; chez l'homme elle est prouvée par ce fait d'observation journalière que l'émission des sons s'arrête au moment de l'effort. Cependant l'occlusion absolue de la glotte ne paraît pas être indispensable et les animaux ou les hommes porteurs de fistules de la trachée peuvent encore faire des efforts, mais moins énergiques et moins soutenus.

B. ACTES INSPIRATEURS. — Ces actes inspireurs sont tantôt simples, comme l'action de humer ou de renifler, tantôt plus complexes, comme le bâillement. Dans le *humer*, l'air passe par la bouche en entraînant le liquide en contact avec l'orifice buccal. Dans le *renifler*, le courant d'air inspiré passe par le nez, et on aspire en même temps les corps placés à l'orifice des narines, comme dans l'action de priser. Le *bâillement* consiste en une inspiration profonde, la bouche largement ouverte, avec contraction de certains muscles de la face et suivie d'une expiration bruyante ou insonore. Le *sanglot* est une inspiration ou une série d'inspirations diaphragmatiques, brèves, spasmodiques, douloureuses, avec production de son glottique à l'inspiration et à l'expiration. Dans le *soupir* l'inspiration est lente, profonde et suivie d'une expiration courte et forte avec émission d'un son particulier. Le *hoquet* est une contraction spasmodique du diaphragme, avec inspiration brusque arrêtée subitement par l'accolement des cordes vocales.

C. ACTES EXPIRATEURS. — La *toux* consiste en une ou plusieurs expirations avec rétrécissement de la glotte et production d'un son assez fort ; le courant d'air expiré passe en grande partie par la bouche. L'*expectoration* n'est que l'expulsion par la toux des mucosités contenues dans la trachée et le larynx. Dans l'*expectoration* (*hem* des Anglais), les mucosités accumulées dans l'arrière-gorge et le pharynx sont entraînées par le courant d'air expiré ; dans le *crachement*, il entraîne celles qui se trouvent dans la cavité buccale ; dans le *moucher*, le courant d'air, au lieu de passer par la bouche, passe par les fosses nasales. L'*éternuement* consiste en une inspiration profonde suivie d'une expiration brusque se faisant par le nez. Le *rire* se compose d'une série d'expirations successives, la bouche ouverte et avec production d'un bruit spécial à la glotte ; pendant le rire, l'épiglotte







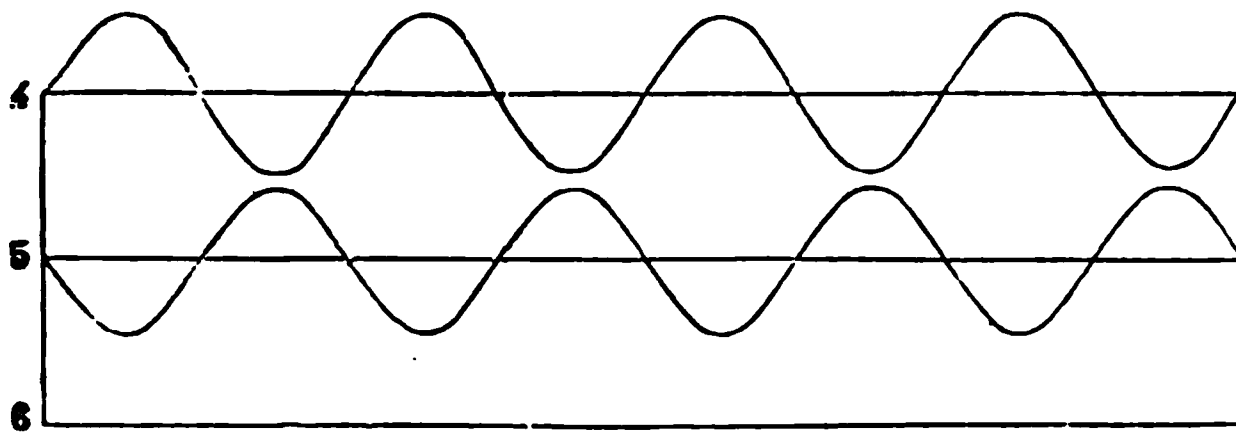








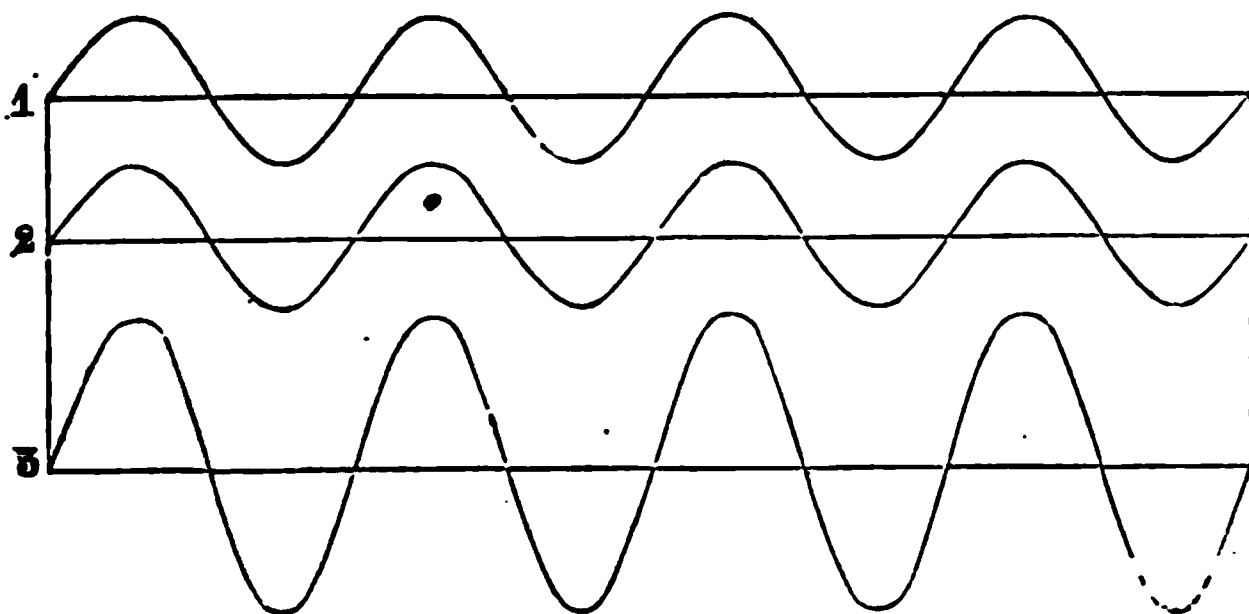
condensée, elles s'annulent réciproquement (voir *fig. 106*). Quand, au contraire, comme dans la figure 107, les ondes condensées et les ondes



*Fig. 106. — Interférence de deux ondes sonores.*

dilatées se correspondent respectivement, la vibration composée a la forme de la courbe 3.

Quand deux vibrations simples, de durée inégale, mais très-voisine, coexistent, il arrive des moments dans la série des mouvements vibra-



*Fig 107. — Correspondance de deux ondes sonores.*

toires, où les vibrations s'ajoutent et d'autres au contraire où elles interfèrent et s'annulent. Alors intervient le phénomène des *battements* qui sera étudié à propos des sensations auditives.

Les vibrations simples sont très-rares dans la nature. La plupart des vibrations sont des vibrations composées, comme dans la plupart des instruments.

Dans une vibration composée, il est rare que toutes les vibrations pendulaires aient la même intensité. En général, l'une d'elles domine : c'est ce qu'on appelle le *son fondamental* ; les autres, qui produisent les sons dits *partiels*, sont habituellement beaucoup plus faibles.

Ces vibrations partielles ont, en général, une durée moindre que la vibration fondamentale, autrement dit la hauteur des sons correspondants est plus considérable. Dans les instruments musicaux, dans la















vocale forme ainsi un ensemble élastique susceptible de vibrer. En outre, la force ou la pression du courant d'air expiré augmente aussi la tension de la corde vocale.

La physiologie des muscles qui agissent sur les cordes vocales pour faire varier leur longueur, leur tension et les dimensions de

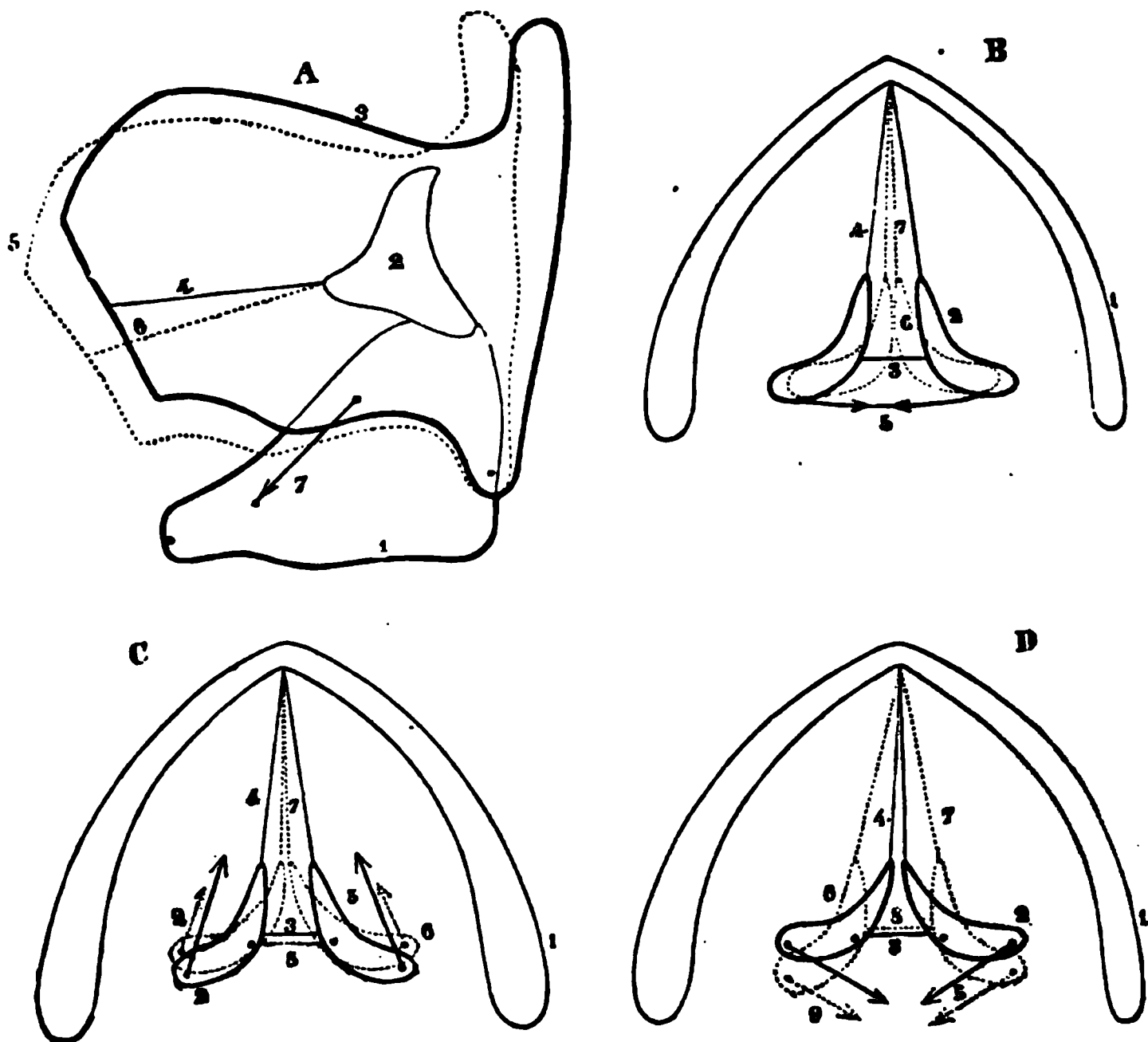


Fig. 109 — Action des muscles du larynx. (Beaunis et Bouchard.)

la glotte, est étudiée dans les traités d'anatomie, auxquels je renvoie. Je me contenterai de donner ici une figure schématique pour

Fig. 109. — Les lignes ponctuées indiquent la position nouvelle prise par les cartilages et les cordes vocales inférieures par l'action du muscle; les flèches indiquent la direction moyenne dans laquelle s'exerce la traction des fibres musculaires.

A. Action du crico-thyroïdien. — 1. Cartilage cricoïde. — 2. Cartilage aryténoïde. — 3. Cartilage thyroïde. — 4. Corde vocale intérieure. — 5. Cartilage thyroïde (nouvelle position). — 6. Corde vocale inférieure (id.).

B. Action de l'aryténoïdien postérieur. — 1. Coupe du cartilage thyroïde. — 2. Cartilage aryténoïde. — 3. Bord postérieur de la glotte. — 4. Corde vocale. — 5. Direction des fibres musculaires. — 6. Cartilage aryténoïde (nouvelle position). — 7. Corde vocale (id.).

C. Action du crico-aryténoïdien latéral. — Même signification des chiffres. — 8. Bord postérieur de la glotte (nouvelle position). — 9. Direction des fibres musculaires (nouvelle position).

D. Action du crico-aryténoïdien postérieur. — Même signification des chiffres.







plus élevées, en voix de basse, baryton, ténor (homme) et de contralto, mezzo-soprano et soprano (femme). Le tableau suivant donne cette classification en regard de l'échelle musicale, en même temps que le nombre des vibrations doubles pour chacun des sons :

Octave		KOMBRE de vibrations doubles.			
quarte de 1/2 pied.	{	Ut.... 1056			Soprano.
		Si.... 990			
		La.... 880			Mezzo-soprano.
Octave	{	Sol... 792			
tierce de		Fa.... 704			Contralto.
1 pied.		Mi.... 660			
		Ré.... 594			
3		Ut.... 528			
		Si.... 495			Ténor.
		La <sup>(1)</sup> . 440			
Octave	{	Sol... 396			
seconde		Fa.... 352			Baryton.
de 2 pieds.		Mi.... 330			
		Ré.... 297			Basse.
2		Ut.... 264			
		Si.... 247,5			
		La.... 220			
Petite	{	Sol... 198			
octave de		Fa.... 176			Contralto.
4 pieds.		Mi.... 165			
		Ré.... 148,5			
		Ut.... 132			Ténor.
		Si.... 123,75			
		La.... 110			
Grande	{	Sol... 99			Baryton.
octave de		Fa.... 88			
8 pieds.		Mi.... 82,5			Basse.

On voit par ce tableau que la voix humaine se meut dans une échelle de sons qui embrasse un peu plus de trois octaves et

(<sup>1</sup>) Le *la* du diapason officiel est en France de 435 vibrations.



































































































(*ap*), par laquelle il arrive aux capillaires du poumon (P); à ces capillaires font suite des veines (*vp*) constituant quatre troncs (veines pulmonaires) qui s'ouvrent dans l'oreillette gauche, et la communication de cette oreillette gauche avec le ventricule gauche complète le circuit vasculaire. La partie du circuit qui va du ventricule gauche à l'oreillette droite constitue l'appareil de la grande circulation; celle qui va du ventricule droit à l'oreillette gauche, l'appareil de la petite circulation ou circulation pulmonaire; les cavités gauches du cœur, les veines pulmonaires et l'aorte et ses branches (artères) contiennent du sang rouge; les veines, les cavités droites du cœur et l'artère pulmonaire contiennent du sang veineux.

Le sang remplit l'appareil vasculaire de manière à distendre les parois des vaisseaux, autrement dit les vaisseaux contiennent plus de sang qu'il n'en faut pour leur calibre normal, pour leur forme naturelle; le sang se trouve donc, grâce à la force élastique de la paroi vasculaire, sous un état de tension permanente, tension sujette à varier, du reste, avec les variations du calibre total du système vasculaire.

Le sang n'est pas immobile dans les vaisseaux; il y *circule*, c'est-à-dire qu'il s'y meut et toujours dans le même sens, de façon qu'une molécule sanguine prise en un point quelconque de l'appareil vasculaire revient, au bout d'un certain temps, à son point de départ. La découverte de la circulation a été faite, en 1628, par Harvey.

La circulation du sang se fait d'après les mêmes lois que le mouvement de tous les liquides; la cause de ce mouvement n'est autre que la différence de pression du sang dans les divers segments du circuit vasculaire, et si le cœur peut être considéré comme l'organe principal de la circulation, c'est que son rôle essentiel est précisément de maintenir cette inégalité de pression.

#### 1. — PRINCIPES GÉNÉRAUX D'HYDRODYNAMIQUE.

Avant d'étudier le mécanisme même de la circulation, il me paraît indispensable de rappeler en quelques mots les notions générales d'hydrodynamique nécessaires à la physiologie.









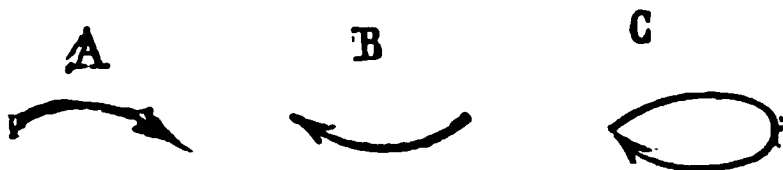


## 2° Écoulement dans les tubes élastiques.

Il peut se présenter deux cas. Quand la pression est constante, l'écoulement se fait comme dans des tubes rigides et il s'établit un état permanent dans lequel la force élastique des parois fait équilibre à la tension du liquide, c'est ce qui arrive pour les petites artères, les capillaires et les veines, dans lesquelles l'écoulement est constant.

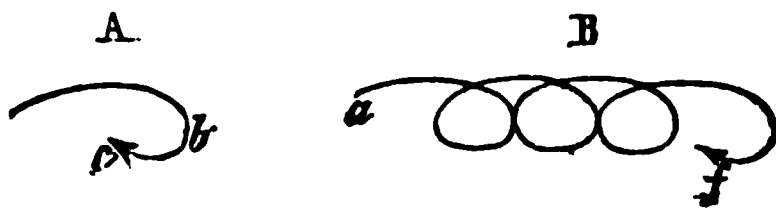
Mais il n'en est pas de même quand la pression qui fait mouvoir le liquide, au lieu d'être constante, est *intermittente*, comme serait, par exemple, l'action du piston d'une pompe foulante, ou comme l'est celle du ventricule. Dans ce cas, chaque poussée détermine non-seulement un mouvement de progression des molécules liquides, mais encore un mouvement d'ondulation tout à fait comparable aux ondulations déterminées sur la surface de l'eau par la chute d'une pierre; seulement dans cet exemple c'est l'élasticité de l'air qui remplace l'élasticité de la paroi des tubes de conduite.

Soit une poussée du piston dans le tube élastique; les choses se passent de la façon suivante. Les molécules liquides subissent une impulsion devant elles, mais à cause de la résistance des molécules liquides situées devant elles, cette impulsion se transforme en un mouvement elliptique qui peut être représenté par la ligne A (*fig. 137*); quand le



*Fig. 137. — Trajectoire décrite par une molécule liquide. (Wundt.)*

piston revient sur lui-même, la molécule liquide a le mouvement B et la trajectoire totale décrite par cette molécule pendant la durée totale d'une ondulation (allée et venue du piston) peut être figurée par C. Dans le cas supposé, la molécule, à la fin de l'ondulation, revient à sa position primitive; mais, en réalité, il n'en est pas ainsi et à la fin de l'ondulation la molécule liquide a progressé d'une certaine quantité, de sorte qu'il y a un mouvement de translation combiné avec le mouvement de progression, et la forme de la trajectoire, dans ce cas, sera



*Fig. 138. — Trajectoire des molécules liquides dans le cas de coexistence du mouvement de translation et du mouvement d'ondulation. (Wundt.)*

représentée par A (*fig. 138*) et, après quatre ondulations successives, la molécule liquide se trouvera transportée de *a* en *f* (B, *fig. 138*).









courant est déjà constant et uniforme dans les petites artères et avant les capillaires.

Marey a imaginé des appareils plus compliqués que celui de Weber et qui permettent de reproduire artificiellement la plupart des phénomènes circulatoires (*Cœur artificiel de Marey*). Seulement l'appareil de Weber, quoique bien moins perfectionné, a l'avantage de démontrer d'une façon très-nette et très-simple les faits principaux sur lesquels est basé le mécanisme circulatoire.

## 2. — DU CŒUR ET DE SES MOUVEMENTS.

**Appareils et procédés d'exploration.** — A. CHEZ L'HOMME. — 1° *Palpation*. — La main appliquée à gauche sur la poitrine sent le choc du cœur en dedans du mamelon entre la cinquième et la sixième côte. Dans certains cas accidentels, plaie de la région cardiaque (Bamberger) ou dans les cas d'arrêt de développement, fissure congénitale du sternum (cas de Groux), absence du sternum, ectopie du cœur, ce mode d'exploration a pu être appliqué d'une façon beaucoup plus complète et plus précise.

2° *Inspection directe*. — On a pu observer directement les mouvements du cœur sur des suppliciés. A Boston, des médecins ayant ouvert la poitrine d'un pendu, ont vu les mouvements du cœur continuer jusqu'à quatre heures après la pendaison. Ces mouvements ont pu aussi être observés sur des fœtus humains (Fili, fœtus de 5 mois).

3° *Auscultation*. — En appliquant sur la région précordiale l'oreille à nu ou à l'aide d'un stéthoscope, on entend les bruits du cœur.

4° *Cardiographie*. — La cardiographie a pour but la transmission à un levier enregistreur de la pulsation cardiaque ou du choc du cœur. Le cardiographe le plus usité est le *cardiographe* de Marey. Si on applique sur la région de la pointe du cœur le tambour du stéthoscope de Kœnig <sup>(1)</sup> dont le tube est mis en communication avec le tambour du polygraphe, chaque pulsation de la pointe du cœur se traduit par un soulèvement du levier et on en obtient alors le graphique suivant sur le cylindre enregistreur (*fig. 140, p. 647*). Pour augmenter la sensibilité de l'appareil, Marey injecte de l'eau au lieu d'air entre les membranes du stéthoscope. C'est sur le même principe que Marey construisit le *cardiographe clinique* dont la figure 141 représente la coupe. L'appareil se compose d'une petite capsule elliptique en bois,

---

(<sup>1</sup>) Le *stéthoscope de Kœnig* se compose d'un tambour métallique fermé d'un côté par une double membrane élastique qui, par l'insufflation, circonscrit un espace lenticulaire; l'ouverture opposée du tambour communique avec un tube terminé par un embout.













tiennent, une pression égale à la pression atmosphérique = 760 millimètres; à cette pression vient s'ajouter la pression négative exercée par l'élasticité pulmonaire qui peut varier de 6 à 40 millimètres de mercure (inspirations profondes). Les cavités cardiaques sont donc distendues par une pression qui varie entre 766 et 800 millimètres de mercure. Les obstacles à cette distension sont, d'une part : 1° l'élasticité même des parois du cœur, élasticité très-faible surtout pour les oreillettes dont les parois sont très-minces et qui, par conséquent, peut être négligée; 2° d'autre part, la pression de l'air intra-pulmonaire; or, cette pression est de 703 millimètres dans les inspirations profondes (voir page 436), de 759 millimètres dans les inspirations calmes, de 762 millimètres dans l'expiration calme, par conséquent toujours inférieure à la pression qui tend à dilater les cavités du cœur. Ce n'est que dans les expirations très-profondes, où la pression intra-pulmonaire peut atteindre 847 millimètres et plus, que cette pression dépasse la pression dilatatrice, et nous verrons en effet que dans ces cas il peut y avoir une véritable compression du cœur.

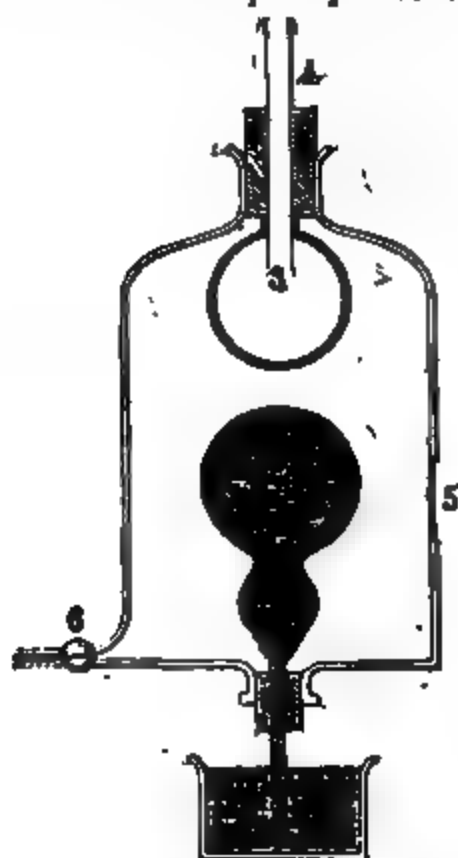


Fig. 145. — Équilibre du cœur dans le thorax. (Hermann.)

L'appareil ci-dessus (Fig. 145), emprunté à Hermann, éclaircit ces dispositions.



## PHYSIOLOGIE FONCTIONNELLE.

sion négative due à l'élasticité pulmonaire. Du côté des contraire, la pression, quoique faible, est cependant sensant plus qu'elle se trouve encore augmentée par la coes embouchures veineuses au début de la systole. Il ne y avoir à l'état normal de reflux dans les veines, quoi- que ces veines soient dépourvues de valvules; il est même probable que l'oreillette continue à recevoir du sang même pendant la systole, car elle ne se vide jamais complètement.

2° *Diastole auriculaire.* — A ce moment commencent en même temps la diastole auriculaire et la systole ventriculaire. Dès que l'oreillette est relâchée, le sang y afflue (en plus grande quantité) des veines qui s'y abouchent, sous l'influence de la pression qui existe dans ces veines et de la pression négative des parois de l'oreillette qui se laissent distendre passivement sans opposer de résistance. Mais la distension de l'oreillette, arrivée à son maximum, empêcherait bientôt l'afflux sanguin de continuer s'il n'intervenait une disposition spéciale sur laquelle Kuss a surtout insisté avec raison; à mesure que le ventricule achève sa contraction, la valvule auriculo-ventriculaire forme

27



Fig. 146. — Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant la contraction du ventricule. (Koss.)

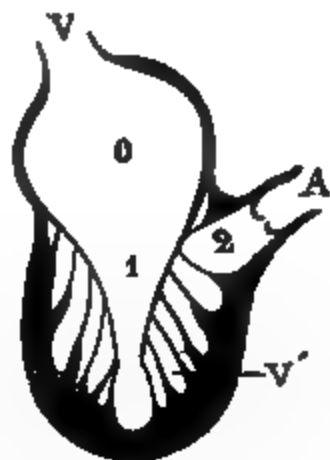


Fig. 147. — Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant le repos du ventricule. (Koss.)

une sorte de cône (fig. 146 et 147) qui prolonge l'oreillette dans le ventricule et agrandit d'autant sa capacité, espace qui, au mo-

Fig. 146. — 1, pendant la première moitié de la systole ventriculaire. — 2, à la fin de cette systole. — AV, cône valvulaire. — O, oreillette. — V', ventricule. — A, sorte ou artère pulmonaire.

Fig. 147. — V, veine. — O, oreillette. — V', ventricule. — A, artère. — 1, cône valvulaire. 2, infundibulum artériel.



faut pour cela une plus grande énergie musculaire, autrement dit une plus grande quantité de fibres musculaires ; de là l'épaisseur des parois du ventricule gauche comparées à celles des oreillettes : le sang, ainsi comprimé par le ventricule, refoule les valvules sigmoïdes et pénètre dans l'aorte qu'il dilate.

Le ventricule se vide complètement à chaque systole en lançant environ 180 grammes de sang dans l'aorte. Cependant, d'après Chauveau et Faivre, il resterait toujours un peu de sang au-dessous des valvules auriculo-ventriculaires qui, d'après ces auteurs, formeraient un dôme du côté de l'oreillette sous l'influence de la poussée sanguine au moment de la contraction ventriculaire, et on pourrait sur des chevaux tués par la section du bulbe et chez lesquels on pratique la respiration artificielle, sentir ce dôme avec le doigt introduit dans l'oreillette. L'existence de ce dôme est cependant encore douteuse et a été très-controversée.

La systole ventriculaire occupe environ les deux cinquièmes d'une révolution totale du cœur, et sa durée est beaucoup plus constante que celle de la diastole qui varie dans des limites assez étendues. (Donders.)

Les mêmes phénomènes se passent dans le ventricule droit ; seulement la pression dans l'artère pulmonaire étant beaucoup plus faible que dans l'aorte, le ventricule droit a besoin de moins d'énergie musculaire ; aussi ses parois sont-elles beaucoup moins épaisses et ses piliers musculaires moins puissants que pour le ventricule gauche.

Le mécanisme de l'occlusion des valvules auriculo-ventriculaires a donné lieu à un très-grand nombre de recherches qu'il nous est impossible d'analyser ici ; les plus importantes seront mentionnées dans la bibliographie.

Au moment de la systole ventriculaire, la forme du cœur change ; au lieu de représenter un cône oblique à base elliptique, il représente un cône droit à base circulaire ; les diamètres longitudinal et transversal de la partie ventriculaire diminuent, tandis que le diamètre antéro-postérieur augmente. En même temps, les ventricules subissent un mouvement de rotation autour de leur axe longitudinal, mouvement de rotation qui se fait de gauche à droite et découvre le ventricule gauche. En outre, on observe, au moins sur les cœurs mis à nu, un redressement de la pointe du cœur ou une projection en avant de cette pointe qui, sur le



cœur (fig. 148). Deux ampoules de caoutchouc représentent l'oreillette, 2, et le ventricule, 3; à l'oreillette est adapté un entonnoir par

Fig. 148. — Schéma du choc du cœur. (Hervé.)

lequel elle se remplit, et dans cet entonnoir vient se déverser, par des tubes en caoutchouc, le liquide chassé par la compression du ventricule; des soupapes imitent le jeu des valvules cardiaques. L'appareil est supporté par une planche comme l'indique la figure. Le ventri-





Le second bruit est dû à la tension des valvules sigmoïdes sous l'influence de la pression produite sur le sang par l'élasticité artérielle ; c'est l'opinion de Rouanet, admise aujourd'hui par presque tous les physiologistes <sup>(1)</sup>.

Le tableau suivant donne le synchronisme des mouvements, des bruits du cœur et du pouls.

1 <sup>er</sup> TEMPS.	2 <sup>e</sup> TEMPS.	3 <sup>e</sup> TEMPS.
Systole auriculaire. Diastole ventriculaire. Silence.	Diastole auriculaire. Systole ventriculaire. Premier bruit. Tension des valvules auriculo-ventriculaires. Choc du cœur. Pouls.	Diastole ventriculaire. Second bruit. Tension des valvules sigmoïdes.

Au lieu de faire commencer le premier temps à la systole des oreillettes et de baser la division des temps sur les mouvements, on peut la baser sur les bruits du cœur et faire coïncider le premier temps avec le premier bruit, ce qui est moins logique au point de vue physiologique, mais est peut-être plus commode pour la pratique. Le tableau prend alors la forme suivante :

1 <sup>er</sup> TEMPS.	2 <sup>e</sup> TEMPS.	3 <sup>e</sup> TEMPS.
Premier bruit. Diastole auriculaire. Systole ventriculaire. Choc du cœur. Pouls.	Second bruit. Diastole ventriculaire.	Silence. Systole auriculaire.

### 5° *Fréquence des pulsations cardiaques.*

Le nombre des pulsations cardiaques est, chez l'adulte, de 65 à 75 par minute. A âge égal, il est en rapport avec la taille. Il

(1) Je n'ai pas cru devoir mentionner la théorie de Beau sur la succession des mouvements et des bruits du cœur, théorie qui est rejetée par tous les physiologistes et ne peut être soutenue, surtout depuis l'emploi des procédés enregistreurs.

diminue du matin à midi, et remonte ensuite (même lorsqu'on est à jeun) ; il augmente, après les repas, par l'exercice musculaire quelque faible qu'il soit, ainsi par le simple passage du décubitus horizontal à la station debout, par la chaleur, etc. Pour les variations d'âge et de sexe, voir : *Age et Sexe*.

Il y a un rapport déterminé entre la quantité de sang en circulation et la fréquence des battements du cœur. Ainsi, dans la série animale, à mesure que les battements augmentent de fréquence, la quantité de sang qui traverse en une minute 1 kilogramme de poids de l'animal augmente aussi, comme le montre le tableau suivant, dû à Vierordt.

	Quantité de sang par minute et par kilogramme.	Nombre de pulsations par minute.
Cheval. . . . .	152	55
Homme. . . . .	207	72
Chien . . . . .	272	96
Lapin . . . . .	620	220
Cabiai . . . . .	892	320

### 6° Circulation cardiaque.

Les artères coronaires qui fournissent le sang au cœur, naissent de l'aorte au-dessus de l'insertion des valvules sigmoïdes, mais à une si faible distance que lorsque ces valvules se rabattent contre la paroi aortique, leur bord libre atteint presque et quelquefois dépasse l'orifice de ces artères. Tebesius et à sa suite beaucoup d'auteurs, se basant sur cette disposition anatomique, ont prétendu que les artères coronaires ne recevaient de sang que pendant la diastole ventriculaire et que, pendant la systole, l'embouchure des artères coronaires était fermée par les valvules sigmoïdes. Brücke, dans ces derniers temps, a cherché à édifier sur cette hypothèse une théorie des mouvements du cœur ou ce qu'il appelle l'*automatisme* du cœur (*Selbststeuerung*) ; le sang, arrivant pendant la diastole, amènerait en pénétrant dans les ramifications artérielles un élargissement passif des cavités cardiaques. Mais l'opinion de Brücke, appuyée par Ludwig, Hermann, etc., ne peut s'accorder avec ce fait bien constaté que la pulsation des artères coronaires est isochrone à la systole ventriculaire. C'est qu'en réalité les valvules sigmoïdes ne s'accolent

pas intimement à la paroi aortique au moment de la systole ventriculaire ; il reste toujours, entre la surface supérieure et l'artère légèrement dilatée à ce niveau (sinus aortiques ou de Valsalva), un espace où le sang se trouve soumis à la même pression que dans le reste de l'aorte et par suite pénètre dans les artères coronaires comme dans les autres branches aortiques, même quand l'orifice de ces artères se trouve au-dessous du bord libre des valvules sigmoïdes. Aussi ces sinus manquent-ils dans l'artère pulmonaire dont la disposition valvulaire est cependant la même que celle de l'aorte.

Lannelongue a émis l'idée que les mouvements rythmiques du cœur étaient dus aux variations de la circulation dans les parois des diverses cavités cardiaques. Se basant sur ce fait qu'un muscle qui se contracte est à l'état d'ischémie momentanée, il dresse le tableau suivant de la circulation pariétale des ventricules et des oreillettes.

Systole ventriculaire.	{	Ischémie de la paroi ventriculaire.
	{	Réplétion des vaisseaux auriculaires.
Systole auriculaire.	{	Ischémie de la paroi auriculaire.
	{	Réplétion des vaisseaux ventriculaires.

Dans ce cas, l'afflux sanguin qui se produit pendant la diastole dans les parois des cavités du cœur déterminerait la contraction de cette cavité. La théorie de Lannelongue s'accorde difficilement avec ce fait que le cœur, extrait de la poitrine, continue à battre rythmiquement pendant un certain temps en l'absence de toute circulation cardiaque.

### 7° *Quantité de sang du cœur.*

La quantité de sang lancée par chaque ventricule à chaque systole peut être évaluée à 180 grammes environ. Plusieurs procédés ont été employés pour arriver à cette évaluation ; mais ils sont tous plus ou moins entachés de causes d'erreur.

**Procédés.** — 1° *Mensuration directe.* — On peut mesurer directement la capacité du ventricule en le remplissant de sang ou d'un liquide d'une densité connue, de façon à amener une dilatation identique à la dilatation normale du cœur.

2° *Procédés de Volkmann et de Vierordt.* — Connaissant la vitesse du sang dans l'aorte et la section transversale de ce vaisseau, il est



de douleur, fait déjà constaté par Harvey, et nous n'avons aucune notion, à l'état normal, des contractions cardiaques.

Pour l'innervation du cœur, voir : *Innervation*.

### 9° *Travail mécanique du cœur.*

Le travail mécanique du cœur peut être évalué facilement, mais seulement d'une façon approximative. A chaque systole, le ventricule gauche pousse dans l'aorte 180 grammes de sang, et comme la pression dans l'aorte est de 20 centimètres de mercure, qui correspondent à 2 mètres et demi de sang et qu'il doit donc surmonter cette pression, c'est comme s'il soulevait 180 grammes de sang à 2 mètres et demi de hauteur; l'effet utile du ventricule gauche sera donc par systole égal à  $180 \times 2$  mètres et demi = 0,45 kilogrammètre. Par seconde il sera de 0,54 kilogrammètre, ce qui donne pour 24 heures 46,656 kilogrammètres. Comme la pression dans l'artère pulmonaire est plus faible que dans l'aorte (un tiers environ), le travail du ventricule droit peut être évalué au tiers de celui du ventricule gauche, soit 15,552 kilogrammètres, ce qui donne un total de 62,208 kilogrammètres par jour pour les deux ventricules. Si l'on réfléchit que le travail mécanique produit par l'homme en 8 heures de travail (journée ordinaire d'un ouvrier) ne dépasse guère 300,000 kilogrammètres, on comprendra facilement quelle énorme quantité de travail doit produire le cœur, puisqu'il accomplit le cinquième environ du travail mécanique total de l'organisme.

Tout le travail mécanique ainsi produit par le cœur est transformé en chaleur.

### 3. — DE LA CIRCULATION DANS LES VAISSEaux.

Les bifurcations d'un vaisseau ont, sauf de très-rares exceptions, un calibre supérieur à celui du vaisseau qui leur a donné naissance. Aussi, si l'on fait abstraction des parois vasculaires et qu'on réunisse par la pensée toutes les bifurcations correspondantes (*fig. 149*), le système artériel pourra être représenté par un cône dont le sommet tronqué se trouverait à l'origine de l'aorte, et la base, très-large, aux capillaires. Un cône pareil, dont le



artères les plus rapprochées du cœur, le tissu musculaire au contraire se trouve surtout dans les petites artères qui précèdent les capillaires. Les grosses artères n'agissent donc guère que par leur élasticité, et on a vu déjà quel rôle joue cette élasticité et surtout comment elle transforme le mouvement intermittent du ventricule en courant continu. Les petites artères sont non-seulement élastiques, mais contractiles, et cette contractilité apparaît principalement au moment où la circulation va devenir uniforme et constante. Le rôle des deux espèces d'artères, ou si l'on veut de la partie étroite (grosses artères) et de la partie évasée (petites artères) du cône artériel est donc bien différent et doit être étudié à part (<sup>1</sup>).

### 1° Rôle de l'élasticité artérielle. Du pouls.

**Procédés d'exploration. Sphygmographie.** — 1° APPAREILS MANOMÉTRIQUES. — *Sphygmomètre d'Hérisson. Manomètre à pulsations de Chélius et Naumann.* — Ces appareils se composent d'un tube rempli de liquide et dont la partie inférieure, évasée et fermée par un caoutchouc, s'applique sur l'artère ; le liquide du tube monte et baisse isochroniquement avec les pulsations artérielles.

2° SPHYGMOGRAPHES ENREGISTREURS A LEVIER. — *Sphygmographe de Vierordt* (fig. 152). — L'appareil a la construction suivante. Un levier du troisième genre, *ab*, tourne dans un plan vertical autour de l'axe horizontal *cc*. De ce levier descend une tige verticale, terminée par une plaque, *p*, qui s'applique sur l'artère *R*. Des poids, placés dans les cupules *PP'*, permettent de graduer la pression de cette plaque sur l'artère. Les mouvements de dilatation de l'artère se traduisent par un soulèvement du levier, soulèvement qui se trouve très-amplifié en *a*. Mais comme cette extrémité *a* du levier décrirait un arc de cercle, pour transformer ce mouvement d'arc de cercle en mouvement vertical, Vierordt emploie un deuxième levier plus court, de longueur calculée, *gf* ; ce second levier tourne dans un plan vertical autour de l'axe hori-

---

(<sup>1</sup>) Küss admet que la forme naturelle des artères vides de sang est la forme rubanée due, selon lui, à la lutte entre l'action du tissu musculaire qui tend à réduire la lumière de l'artère à un point, et celle du tissu élastique qui tend à la maintenir béante. Mais : 1° jamais la position d'équilibre intermédiaire entre une force centrifuge (élasticité) et une force centripète (action musculaire) ne pourra être figurée par une ligne ; ce sera toujours un cercle ; 2° en réalité, les artères vides de sang conservent la forme circulaire si on laisse l'air s'introduire dans leur intérieur et faire équilibre à la pression atmosphérique extérieure.









vements de cette extrémité et par conséquent le graphique de la pulsation artérielle.

4° SPHYGMOGRAPHE ÉLECTRIQUE DE CZERMAK. — Pour mesurer exactement la durée de la systole et de la diastole artérielles, Czermak a adapté, soit au sphygmomètre d'Hérisson perfectionné, soit aux appareils de Vierordt et de Marey, des dispositions (fermeture et interruption du courant), qui permettent d'enregistrer, avec exactitude, chacune de ces phases. (Czermak, *Mittheilungen aus dem Physiol. Privatlaboratorium*, 1864).

5° SPHYGMOGRAPHE A GAZ DE LANDOIS. — Les pulsations de l'artère se transmettent au gaz renfermé dans un appareil et qu'on allume à sa sortie et, comme dans l'appareil de Kœnig (voir page 600), les variations de la flamme sont isochrones aux battements du poulx.

Quand le sang a été chassé par le ventricule gauche dans l'aorte, il a dû surmonter la pression du sang dans ce vaisseau. Il se passe alors deux phénomènes dans l'aorte : 1° un refoulement de la masse sanguine qu'elle contenait dans la direction des capillaires ; 2° une dilatation de sa cavité, dilatation qui s'arrête dès que la force élastique de ses parois contre-balance la pression sanguine. Dès que le ventricule a cessé de se contracter, la pression sanguine diminue et la force élastique des parois aortiques, étant supérieure, réagit sur le liquide et tend à le refouler, d'une part dans la direction des capillaires, de l'autre dans le ventricule. Mais de ce côté le reflux est empêché par la présence des valvules sigmoïdes ; ces valvules, loin d'être tout à fait accolées à la paroi aortique, en sont écartées par une certaine quantité de sang qui existe entre elles et les sinus de Valsalva ; dès que le ventricule a cessé de se contracter, la pression du sang agit sur leur face artérielle, tandis que la pression sur leur face ventriculaire est réduite à 0 ; elles s'abaissent immédiatement et, par l'accolement de leurs bords libres et des nodules d'Aranzi, ferment hermétiquement l'orifice aortique. La masse sanguine se trouve ainsi poussée dans la direction des capillaires et dilate le segment suivant de l'aorte et ainsi de suite. La transmission de ces dilatations successives, ou autrement dit de l'ondulation positive (*forma materiæ progrediens*), se fait avec une vitesse de 9<sup>m</sup>,240 millimètres par seconde, et ne doit pas être confondue avec le mouvement de progression de la masse liquide (*materia progrediens*), dont la vitesse est incomparablement moindre (voir : *Vitesse du sang*).







Le dicrotisme est plus marqué sur les artères moyennes que sur les gros troncs.

La cause du dicrotisme et du polycrotisme est encore incertaine. Sont-ils dus à une réaction de l'artère contre l'impulsion du ventricule et à l'oscillation consécutive ou à une réflexion de l'ondulation contre les capillaires et à une deuxième réflexion contre les valvules semi-lunaires ?

6° L'amplitude de la pulsation, mesurée par la hauteur EB, correspond, la part faite à l'amplification due au levier, au maximum de dilatation artérielle ; cette amplitude est en général en rapport inverse de la pression du sang dans l'artère ; elle diminue quand cette pression augmente. Les termes de pouls *dur* et *mou* indiquent l'état de tension de l'artère et la pression du sang dans son intérieur.

7° Enfin le pouls est *grand* ou *petit* suivant le volume de l'artère, volume qui est, en grande partie, en rapport avec la quantité de sang lancée par le ventricule.

On voit donc que les caractères de la pulsation artérielle dépendent de trois facteurs principaux : l'action ventriculaire (énergie cardiaque), le sang (quantité et pression) et la paroi artérielle (élasticité et contractilité), et que ces trois facteurs interviennent chacun pour modifier dans un sens ou dans l'autre les caractères de la pulsation. Aussi l'étude des caractères du pouls, et surtout leur analyse à l'aide des tracés sphymographiques est-elle de la plus grande importance en médecine.

Fick a constaté, en plaçant son bras dans un vase fermé muni d'un tube en U, une augmentation du volume du bras au moment de la pulsation artérielle et a obtenu, en adaptant à l'appareil un système enregistreur, une courbe très-analogue à celle du sphymographe.

## 2° Contractilité artérielle.

La contractilité n'est guère marquée que pour les petites artères dont la tunique musculaire est très-développée. Cette contractilité est complètement indépendante du pouls ; c'est une propriété de la paroi artérielle, qui se trouve sous la dépendance immédiate du système nerveux.

Cette contractilité se montre sous deux formes principales :





pondantes ; quand l'une diminue, l'autre augmente ; c'est ainsi qu'on observe ce balancement, pour ne citer que quelques exemples, entre la circulation thyroïdienne et la circulation cérébrale, la circulation gastro-hépatique et la circulation splénique, etc., et d'une façon plus générale, entre la circulation abdominale et celle des membres inférieurs, entre celle de la tête et celle des membres supérieurs, entre la circulation cutanée et la circulation profonde.

La contractilité artérielle peut être mise en jeu par les excitants ordinaires du tissu musculaire (actions mécaniques, électricité), que l'excitant soit porté directement sur l'artère ou n'agisse que par l'intermédiaire des nerfs vaso-moteurs. Cette contractilité persiste quelque temps après la mort (quelquefois une à plusieurs heures).

Les variations de calibre des artères sont soumises à deux influences principales, l'influence nerveuse vaso-motrice, l'influence de l'activité cardiaque.

Le rétrécissement des artères pourra donc résulter :

1° D'une excitation des centres vaso-moteurs ; dans ce cas, le rétrécissement sera actif, musculaire, et s'accompagnera d'une augmentation de pression sanguine ;

2° D'une diminution d'activité du cœur ; dans ce cas, le rétrécissement est passif, élastique, et s'accompagne d'une diminution de pression.

La dilatation artérielle pourra être produite par :

1° Une paralysie vaso-motrice ;

2° Une exagération de l'activité cardiaque.

Dans ces deux cas, la dilatation est passive, élastique, mais s'accompagne dans le premier cas d'une diminution, dans le deuxième, d'une augmentation de pression.

Si l'on admet les nerfs vaso-dilatateurs, il y aurait encore :

Dilatation par activité des centres vaso-dilatateurs,

Rétrécissement par paralysie vaso-dilatatrice.

#### B. — CIRCULATION CAPILLAIRE.

**Procédés.** — La circulation capillaire peut être étudiée au microscope très-facilement, surtout chez les animaux à sang froid. Sur la grenouille, on peut l'examiner sur la membrane interdigitale, le mésentère, la langue et le poumon. Pour éviter les mouvements de l'animal, on le curarise ; la circulation continue et on peut ainsi pro-



branches; en général, ils ne touchent les bords que quand les capillaires se rétrécissent ou quand l'espace leur manque par l'accumulation des globules; dans ce cas, ils s'effilent en prenant toutes les formes pour reprendre leur forme primitive dès que la compression a cessé. Les globules blancs, au contraire, cheminent plus lentement contre la paroi du vaisseau, s'arrêtant souvent contre cette paroi; leur vitesse est 10 à 15 fois plus faible que celle des globules rouges.

La disposition des capillaires varie beaucoup suivant les organes, mais ce qui varie surtout c'est la richesse des différents organes en capillaires, ou autrement dit le rapport du calibre total des capillaires au calibre des artères afférentes. C'est là, en effet, ce qui règle la quantité de sang reçue par l'organe. On pourrait donc représenter la circulation de chaque organe par un double cône vasculaire analogue à celui qui représente la circulation générale (voir page 665). On verrait ainsi quelles différences présentent les divers organes; il n'y a qu'à comparer à ce point de vue le testicule au foie, par exemple.

Les capillaires sont, du reste, sujets à des variations notables de calibre, et ces variations sont de deux espèces. Les unes sont *passives* et dues à la quantité plus ou moins forte de l'afflux du sang, réglé lui-même par le calibre des artères afférentes, et à la quantité de l'écoulement par les veines efférentes. Les autres sont *actives* et consistent en des alternatives de rétrécissement et de dilatation; ces rétrécissements paraissent dus à des éléments contractiles fusiformes (cellules endothéliales?) et peuvent diminuer la lumière du capillaire de façon à empêcher le passage des globules rouges (de Tarchanow).

#### e. — CIRCULATION VEINEUSE.

Les tissus élastique et musculaire entrent dans la constitution des veines comme dans celle des artères, mais pas dans les mêmes proportions; leurs parois sont plus minces, moins parfaitement élastiques, plus dilatables, ce qui est en rapport avec la pression sanguine plus faible qui existe dans le système veineux. La contractilité veineuse est hors de doute. On a constaté sur les veines, comme sur les artères, des contractions quelquefois rythmiques; ainsi dans les veines splénique, mésentériques (Fre-



On peut faire au sujet des veines les mêmes remarques que celles qui ont été faites à propos des artères. Toute diminution de calibre dans une partie du système veineux amène une augmentation de pression dans les vaisseaux. De même, si on fait la ligature de la veine principale d'un organe ou si cette veine est simplement rétrécie, la pression augmentera dans les capillaires de cet organe et dans les artères afférentes.

Quant aux *bruits vasculaires* qui peuvent se produire dans les artères et dans les veines pendant la circulation, leur étude est plutôt du ressort de la pathologie que de la physiologie, et je renvoie aux traités de séméiologie et de pathologie générale.

L'*innervation* des vaisseaux sera traitée dans le chapitre de l'innervation.

#### 4. — PRESSION SANGUINE.

**Procédés pour mesurer la pression sanguine.** — Dans la plupart de ces procédés, on emploie des vaisseaux, artères ou veines, dont le calibre permette l'introduction d'une canule ; le mode de réunion de la canule au vaisseau peut se faire de deux façons : ou bien le vaisseau est coupé transversalement, un des bouts lié, et l'autre bout, par lequel arrive le sang, mis en communication avec la canule ; ou bien, ce qui est préférable, mais moins facile, l'incision est simplement latérale et la canule ajustée sur la paroi du vaisseau de façon à mesurer la pression latérale sans interrompre la circulation du sang dans le vaisseau. Les appareils destinés à mesurer la pression sanguine peuvent se rattacher à quatre types : l'hémathographie, les manomètres à mercure, les manomètres métalliques, les manomètres à transmission par l'air.

**1° HÉMAUTOGRAPHIE.** — Lorsqu'on incise un vaisseau, le sang s'écoule de ce vaisseau et forme, si la pression sanguine est suffisante, un jet qui monte plus ou moins haut suivant la force de cette pression. Dans les artères où la pression est très-forte et s'accroît à chaque systole ventriculaire, le jet est très-élevé et saccadé ; dans les petites artères, il est d'autant moins élevé qu'on s'éloigne plus du cœur et il est uniforme ; enfin, dans les veines où la pression est très-faible, le sang sort en nappe, en bavant, à moins que, comme dans la saignée, on n'augmente la pression dans la veine par la compression de cette veine entre la piqure et le cœur. On pourra donc mesurer la pression du sang en adaptant au vaisseau, comme le faisait Hales, un long tube vertical (*fig.* 157, p. 681) et en notant la hauteur à laquelle s'élève le sang dans son intérieur. Landois a proposé récemment, sous le nom d'*hémathographie*,

de diriger sur le papier d'un appareil enregistreur le jet de sang qui sort d'une artère; on obtient ainsi des graphiques, tracés par le jet



Fig. 157. — Tube de Halen.  
(Voir page 690.)

Fig. 158. — Hémodynamomètre de Poiseuille.  
(Voir page 692.)

sanguin lui-même en dehors de toute complication instrumentale, graphiques qui ont par conséquent l'avantage de reproduire fidèlement tous les caractères de pression, de vitesse, de quantité que le courant







tandis que dans la branche ED le niveau monte jusqu'en I; la différence des deux niveaux I K représente la hauteur de la pression sanguine. déduction faite de la petite colonne de mercure qui fait équilibre à la colonne sanguine BK.

*Hémomètre de Magendie ou Cardiomètre de Claude Bernard.* — Dans cet instrument, la partie inférieure du manomètre est remplacée par une large cuvette remplie de mercure qui communique d'une part avec un tube rempli d'une solution alcaline et qui s'engage dans l'artère, et d'autre part avec un tube vertical dans lequel oscille le mercure. Les variations de la colonne mercurielle sont beaucoup plus sensibles que dans l'appareil précédent.

*Manomètre compensateur de Marey (fig. 159, p. 682).* — Marey a cherché à remédier aux inconvénients des manomètres ordinaires. Ces inconvénients sont de deux sortes : 1° les oscillations de la colonne mercurielle ont trop d'amplitude à cause de la vitesse acquise par la masse du liquide ; 2° l'ascension de la colonne mercurielle est plus rapide que sa descente, de façon que la moyenne numérique entre le maximum et le minimum de hauteur d'une oscillation ne représente pas en réalité la pression moyenne (*tension dynamique* de Marey). Marey interpose alors entre la cuvette sur laquelle s'exerce la pression sanguine et le tube vertical un tube capillaire qui, par sa résistance, diminue l'amplitude des oscillations et donne exactement la pression moyenne. Setschenow remplace le tube capillaire par un robinet qu'on ouvre plus ou moins.

*Manomètre différentiel de Claude Bernard (fig. 160, p. 683).* — Cet instrument se compose d'un tube recourbé dont les branches parallèles communiquent chacune avec un ajutage et une canule ; les deux canules s'introduisent dans deux artères différentes, ou dans les deux bouts d'une artère, ou dans une artère et une veine, et les différences de niveau des deux colonnes mercurielles indiquent les différences de pression des deux vaisseaux.

*Kymographion de Ludwig (fig. 161, p. 685).* — Le kymographion de Ludwig n'est pas autre chose qu'un hémodynamomètre auquel s'ajoute un appareil enregistreur. La branche 3 du manomètre se recourbe et est mise en communication avec l'artère en 9. Dans l'autre branche, 4, flotte sur le mercure un petit cylindre en ivoire qui monte et descend avec le niveau du liquide. A la partie supérieure, ce cylindre est surmonté d'une tige, 5, à laquelle s'attache un pinceau, 7 8, qui trace sur un cylindre enregistreur les mouvements de va et vient du cylindre d'ivoire et du mercure.

3° KYMOGRAPHION DE FICK (fig. 162, p. 686). — Fick a utilisé pour mesurer la pression sanguine un manomètre construit sur le principe du baromètre de Bourdon. Ce manomètre se compose d'un ressort métallique creux dont l'extrémité fixe communique par un ajutage et une canule avec le vaisseau dont on recherche la pression ; l'autre extrémité du













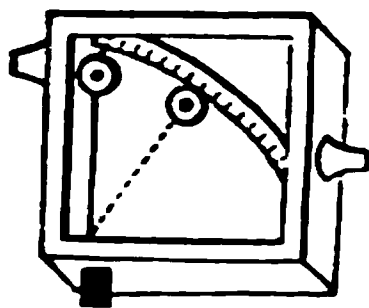








la figure et sort par celui de gauche; mais avant de sortir, le courant sanguin déplace un petit pendule terminé par une boule d'argent munie de deux pointes qui touchent sans frottement les deux glaces et permettent, malgré l'opacité du sang, de voir les mouvements du pendule. La déviation du pendule, indiquée sur un cercle gradué, mesure la vitesse du sang. Vierordt a complété son appareil en le transformant en appareil enregistreur.



*Hémodynamographe de Chauveau et Lortet* Fig. 168. — Hémotachomètre de Vierordt.

(fig. 169, page 695). — La figure représente l'hémodynamographe combiné au sphygmoscope de Marey. Un tube en cuivre, 1, s'adapte par ses deux bouts au vaisseau sur lequel on veut expérimenter; vers le milieu de ce tube se trouve une fenêtre exactement fermée par une membrane en caoutchouc; cette membrane est traversée, comme le montre la figure 1 bis, par une aiguille qui fait saillie à l'intérieur du tube et dont l'autre extrémité se termine par une pointe écrivante qu'on met en communication avec le papier d'un appareil enregistreur, 8. Le courant sanguin, passant par le tube, dévie l'aiguille et la déviation s'inscrit sur le papier qui se déroule dans l'appareil enregistreur. Le sphygmoscope 2 communique d'autre part avec le tambour du polygraphe 5, et le levier du polygraphe 6 inscrit simultanément les variations de pression dans l'artère. Cet appareil donne des indications très-précises et a été employé avec succès par Chauveau, Laroyenne, Lortet, etc.

Les figures 170 et 171, page 696, donnent, d'après Lortet, les graphiques de la vitesse (V) et de la pression (P) dans la carotide du cheval.

**Mesure de la vitesse du sang dans les capillaires.** — Cette vitesse s'apprécie facilement au microscope; il suffit de compter le temps qu'un globule sanguin met à parcourir un espace donné mesuré au micromètre. Vierordt a employé pour la mesurer la vision entoptique des mouvements des globules dans les capillaires de la rétine (voir : *Vision*).

**Procédés pour mesurer la vitesse de la circulation.** — *Procédé d'Héring.* — On injecte dans une veine jugulaire du ferro-cyanure de potassium et on recueille le sang de la jugulaire, du côté opposé, de 5 secondes en 5 secondes, puis on examine chaque portion du sang recueilli avec le perchlorure de fer; un précipité de bleu de Prusse indique à quel moment le sang recueilli contenait le ferro-cyanure et par conséquent combien il a fallu de temps à la substance injectée pour parcourir le circuit vasculaire. Vierordt a perfectionné le procédé en adaptant les vases destinés à recueillir le sang au disque tournant d'un appareil enregistreur; il recueille ainsi le sang de demi-seconde en demi-seconde.







circuit vasculaire intermédiaire entre ces deux extrêmes. D'après les expériences d'Héring, répétées par Vierordt, cette vitesse pour la circulation des veines jugulaires est de 16 secondes chez le chien, de 23 secondes approximativement chez l'homme, c'est-à-dire qu'en 23 secondes une molécule partie de la veine jugulaire revient à son point de départ. Pour les veines crurales on obtient 2 secondes de plus. Cette vitesse de la circulation explique la rapidité avec laquelle les substances introduites dans le sang, les poisons par exemple, se répandent dans l'organisme.

Chez un individu donné, la fréquence du pouls diminue avec la vitesse de la circulation, à moins que la fréquence ne soit extrême, auquel cas, cette vitesse, au lieu de diminuer, augmente.

Il y a donc un rapport entre la fréquence des battements du cœur et la vitesse de la circulation, et Vierordt a trouvé que chez la plupart des espèces animales la vitesse de la circulation est égale au temps pendant lequel le cœur fait 27 pulsations. C'est ce que montre le tableau suivant emprunté à Vierordt :

	Poids du corps en grammes.	Fréquence du pouls par minute.	Nombre de pulsations pendant la durée de la circulation.
	—	—	—
Cabiai . . . . .	222 <sup>gr</sup>	320	23,7
Chat. . . . .	1,312	240	26,8
Hérisson . . . . .	911	189	23,8
Lapin . . . . .	1,434	220	28,5
Chien . . . . .	9,200	96	26,7
Cheval. . . . .	380,000	55	28,8
Poule . . . . .	1,332	354	30,5
Buse . . . . .	693	282	31,6
Canard. . . . .	1,324	163	28,9
Oie . . . . .	2,822	144	26,0

#### 6. — RAPPORTS DE LA CIRCULATION ET DE LA RESPIRATION.

Les deux phases de la respiration influencent à la fois la vitesse et la pression du sang.

Pendant l'*inspiration*, la pression sanguine moyenne diminue dans toutes les parties contenues dans le thorax, cœur, artères et veines, où elle tombe même au-dessous de 0 ; cette diminution





action favorable de la respiration sur la circulation ; ceci est tellement vrai qu'un des meilleurs moyens d'activer la circulation consiste à faire des mouvements respiratoires énergiques, et que l'interruption de la respiration amène nécessairement en très-peu de temps un arrêt de la circulation <sup>(1)</sup>.

#### 7. — CIRCULATION PULMONAIRE.

L'appareil de la petite circulation se trouve compris en entier dans le thorax et il en résulte des conséquences importantes au point de vue de la circulation générale. En effet, l'artère et les veines pulmonaires sont soumises à la même pression négative et aux mêmes alternatives de pression que le cœur, l'aorte et les grosses veines ; mais tandis que les capillaires de la circulation générale, situés en dehors du thorax, sont soumis, par l'intermédiaire des tissus, à une pression extérieure à peu près constante (pression atmosphérique), les capillaires des poumons, situés dans le thorax même, subissent une pression extérieure variable suivant les phases respiratoires. Les conditions de cette circulation pulmonaire sont d'autant plus importantes à étudier qu'elle représente une partie du circuit vasculaire et que tout le sang passe forcément par la voie pulmonaire, de sorte qu'un arrêt ou une gêne de cette circulation arrête immédiatement ou gêne la circulation générale.

Les causes de la circulation pulmonaire sont, comme pour toute circulation, les différences de pression des deux extrémités du circuit, ventricule droit et artère pulmonaire, veines pulmonaires et oreillette gauche. Mais la mensuration de la pression dans ces vaisseaux est très-difficile ; cependant on a trouvé que la pression dans l'artère pulmonaire était de 10 à 30 millimètres de mercure, par conséquent 4 à 5 fois moindre que la pression dans les grosses artères ; la pression dans l'oreillette gauche et les veines pulmonaires n'a pu être évaluée, mais doit se rapprocher de celle des veines caves.

Quelle est maintenant l'influence des deux états du poumon,

---

<sup>(1)</sup> D'après les recherches de Lossen et Voit, confirmées par Ceradini, à l'aide d'un instrument, l'hémithorakographe, chaque systole s'accompagnerait d'une raréfaction de l'air contenu dans les poumons et d'un mouvement d'inspiration.



des capillaires pour constituer la partie essentielle de la lymphe et c'est encore sous l'influence de cette pression que cette lymphe progresse jusqu'aux gros troncs lymphatiques pour se jeter enfin dans le système veineux. Les lymphatiques constituent donc un véritable *appareil de drainage* chargé de faire rentrer dans la circulation sanguine l'excès du plasma transsudé non employé pour la nutrition des tissus et pour la sécrétion. Le sang artériel, en arrivant dans les capillaires, prend donc, sous l'action de la pression qui le pousse, deux routes différentes et se partage en deux courants de retour, l'un, le courant veineux qui revient directement au cœur en suivant la voie toute tracée des canaux veineux, l'autre indirect qui traverse les parois des capillaires, se répand dans les tissus, est repris par les lymphatiques et revient enfin, par une voie détournée, se réunir au courant direct et au liquide dont il était sorti (voir *fig. 12*, page 82).

Les expériences de Ludwig, Noll, Weiss, Ranvier, etc., semblent en effet indiquer que l'écoulement de lymphe est en rapport avec l'augmentation de pression dans les vaisseaux et spécialement dans les artères, et quoique les recherches récentes de Paschutin et Emminghaus contredisent ces résultats, il me paraît difficile de les mettre en doute jusqu'à vérification nouvelle. La pression sanguine est donc la cause essentielle et de la pénétration de la lymphe dans les radicules lymphatiques et de la progression de cette lymphe dans les canaux. Mais à cette cause principale viennent s'ajouter d'autres causes accessoires, qui sont en grande partie les mêmes que pour la circulation veineuse, telles sont la présence des valvules vasculaires, les compressions extérieures, musculaires ou autres, et surtout la respiration; en effet l'inspiration s'accompagne d'une accélération de la circulation dans le canal thoracique, accélération qui se traduit par une diminution dans la colonne manométrique, et l'expiration a un effet inverse; tous les mouvements musculaires qui peuvent exiger l'effort et entraver la circulation veineuse feront donc sentir leur contre-coup sur la circulation lymphatique.

La contractilité des vaisseaux lymphatiques paraît jouer un certain rôle dans la circulation de la lymphe. On sait que chez les amphibiens se trouvent des cœurs lymphatiques (<sup>1</sup>); mais chez

---

(<sup>1</sup>) Chez la grenouille, il en existe quatre, un à la racine de chaque membre.



toujours un certain temps pour se mettre en équilibre avec la température du milieu ambiant. Ces appareils comprennent deux parties, une pile thermo-électrique et un galvanomètre. La pile thermo-électrique, pour les recherches physiologiques, est disposée sous une forme particulière qui permet son introduction facile dans la profondeur des tissus; c'est ce qu'on appelle des *aiguilles thermo-électriques*.

Ces aiguilles se composent de deux fils métalliques, l'un de fer, l'autre de cuivre, soudés, soit bout à bout (*aiguille à soudure médiane*), soit par une de leurs extrémités (*aiguille à soudure terminale*); on prend deux de ces aiguilles, l'une est placée dans un milieu à température constante (masse d'eau), l'autre enfoncée dans le lieu dont on veut rechercher la température; les deux extrémités fer sont réunies par un fil de même métal, les deux extrémités cuivre sont mises en communication avec le galvanomètre; la moindre différence de température des deux soudures se traduit par une déviation de l'aiguille du galvanomètre; si, par exemple, la soudure placée dans le milieu à température constante est moins chaude que l'autre, le courant, dans le galvanomètre, va de la soudure à température constante à l'autre. On peut varier la disposition des aiguilles thermo-électriques suivant le but à atteindre. Ainsi on peut les entourer de gutta-percha, et leur donner la forme de sondes qui pénètrent facilement dans les cavités du corps, dans les vaisseaux, dans le cœur, etc. Au lieu du galvanomètre ordinaire, on peut employer les galvanomètres à miroir de Wiedemann, Meyerstein, Meissner, etc., pour la description desquels je renvoie aux mémoires spéciaux. Avec les aiguilles thermo-électriques, on peut, en prenant les précautions convenables, arriver à mesurer des différences de température de  $\frac{1}{4000}^{\circ}$  de degré.

**CALORIMÉTRIE.** — La calorimétrie a pour but l'estimation directe de la quantité de chaleur produite par un animal dans un temps donné. Lavoisier employait le calorimètre à glace, qui se trouve décrit dans tous les traités de physique. Dulong et Despretz se servirent du calorimètre à eau. L'animal est placé dans une boîte métallique dont l'air est alimenté par un gazomètre, tandis qu'un tuyau entraîne l'air expiré. La boîte est plongée dans un espace clos rempli d'eau; le calorimètre est entouré de corps mauvais conducteurs, de façon à rendre, autant que possible, sa température indépendante de celle du milieu extérieur. La température de l'animal et celle de l'eau du calorimètre sont prises au début et à la fin de l'expérience. Il peut alors se présenter deux cas: 1<sup>o</sup> Ou bien la température de l'animal est la même au début et à la fin de l'expérience; dans ce cas, qui est le plus rare, la quantité de chaleur produite par l'animal est égale à la quantité de chaleur (1) que

(1) La quantité de chaleur se mesure par *unités de chaleur* ou *calories*. On appelle calorie la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de 1 kilogramme d'eau de 0 à 1 degré.



l'hydrogène  $12,56 \times 34,460 = 432^{\circ},818$ , ce qui donne un total de 2464 calories par jour.

Mais ce calcul est loin d'être exact. En premier lieu, la chaleur de combustion d'une substance n'est pas égale à la chaleur de combustion de son carbone et de son hydrogène; elle est en général plus faible que la somme des chaleurs de combustion de ses éléments. En outre, la supposition que l'hydrogène et l'oxygène dans les hydrocarbonés y sont à l'état d'eau n'est pas justifiée; aussi les chiffres obtenus ainsi sont-ils passibles d'erreur.

Aussi vaut-il mieux, au lieu de calculer la quantité des calories d'après la quantité de carbone et d'hydrogène contenue dans les *ingesta*, calculer directement le nombre de calories fournies par ces *ingesta* dont on connaît la chaleur de combustion, comme l'indique le tableau suivant:

	Calories fournies par la combustion d'un gramme.	Calories fournies en 24 heures.
Albuminoïdes . . . . .	4 <sup>c</sup> ,998	599 <sup>c</sup> ,760
Hydrocarbonés . . . . .	3 ,277	1081 ,410
Graisses. . . . .	9 ,069	816 ,210
Total. . . . .		2497 <sup>c</sup> ,380

Comme les albuminoïdes n'arrivent pas à une combustion complète dans l'organisme, il faut diminuer de 4 calories environ le chiffre des albuminoïdes, ce qui donne un total de 2,493 calories par jour.

2° Le second procédé consiste à calculer la quantité d'oxygène absorbée, et d'acide carbonique produit par la peau et les poumons (voir page 416); de l'acide carbonique exhalé on déduit la quantité de carbone brûlé; l'excès d'oxygène non employé à la production de l'acide carbonique est supposé avoir servi à la formation d'eau et on en déduit la quantité d'hydrogène; on calcule alors la production de la chaleur aux dépens de ce carbone et de cet hydrogène. Le tableau suivant donne les calculs de l'opération.

	Carbone.	Oxygène.	Hydrogène.
Acide carbonique éliminé en 24 heures par la peau et la res- piration. . . . .	909,75	251,4	658,35
Oxygène absorbé . . . . .	744,11	"	"
Excès d'oxygène employé à for- mer de l'eau. . . . .	85,76	"	"
Hydrogène de l'eau formée . .	10,70	"	10,70

Pour le carbone, la quantité de chaleur sera de  $251,4 \times 8,040$  calories = 2031<sup>c</sup>,312; pour l'hydrogène, elle sera de  $10,70 \times 34,460$





comme l'aisselle, et peut descendre assez bas, par exemple aux extrémités des membres. La température des organes est en général d'autant plus élevée qu'on s'éloigne de la surface du corps; le maximum se rencontre, d'après Cl. Bernard, dans le foie (40°6 à 40°9), puis dans le cerveau, les glandes, les muscles, les poumons. La température du sang a donné lieu à de nombreuses recherches et à de nombreuses discussions, surtout en ce qui concerne le sang du cœur gauche et le sang du cœur droit. Cependant d'après les recherches récentes de Cl. Bernard, Körner, la température du cœur droit serait plus élevée de quelques dixièmes de degré. Körner attribue cette augmentation au voisinage du foie qui transmettrait sa chaleur au sang à travers les parois minces du ventricule droit, mais il est plus probable que le sang du cœur droit se refroidit un peu à son passage à travers le poumon. Le sang artériel diminue de température à mesure qu'il s'éloigne du cœur; le sang de la carotide est plus chaud que celui de la crurale (Becquerel); le sang du bout central d'une artère est plus chaud que le sang du bout périphérique (Cl. Bernard). La température du sang veineux est très-variable; tandis que celle du sang des veines superficielles est plus basse que celle du sang des artères correspondantes, le sang veineux des glandes et des muscles (au moment de leur activité) est plus chaud que le sang artériel de ces organes. A partir de l'embouchure des veines rénales, le sang veineux est plus chaud que celui de l'aorte, au même niveau, et la température augmente dans la veine cave inférieure à mesure qu'on se rapproche du cœur; c'est que cette veine reçoit le sang de la veine hépatique, qui est le plus chaud du corps et dépasse de 1° le sang de l'aorte. Aussi le sang de la veine cave inférieure a-t-il une température plus élevée que celui de la veine cave supérieure, et l'oreillette droite reçoit ainsi deux courants sanguins de température différente qui vont se réunir dans le ventricule droit.

## 2. — PRODUCTION DE CHALEUR DANS L'ORGANISME.

### 1° Sources de la production de chaleur.

La production de chaleur dans l'organisme est due à des actions chimiques et à des actions mécaniques.



fournissent (4,998) le chiffre de l'urée (2,206) ou de l'acide urique (2,615).

L'oxydation n'est pas la seule source de chaleur; il peut s'en produire aussi et il s'en produit certainement dans l'organisme toutes les fois qu'une substance absorbe de l'eau, comme dans la décomposition et l'hydratation des graisses, le dédoublement des albuminoïdes et des hydrocarbonés. (Berthelot.)

*2° Actions mécaniques.* — Le frottement du sang dans les vaisseaux produit aussi de la chaleur; mais comme, en réalité, ces frottements sont produits en dernière analyse par une action musculaire, celle du cœur, on peut la ramener en somme à des actions chimiques. Il en est de même des frottements des surfaces articulaires, des tendons, etc., dans les mouvements du squelette.

### *2° Lieux de la production de chaleur.*

Il est bien constaté aujourd'hui que les muscles sont le siège principal de la production de chaleur dans l'organisme. On a vu déjà que le muscle, en se contractant, dégage de la chaleur (page 277), et cette augmentation de température, qui a été constatée expérimentalement, se retrouve si on considère l'organisme pris dans sa totalité. Semblable en cela à une machine à vapeur, il ne peut produire de travail mécanique qu'en augmentant sa production de chaleur. La quantité de chaleur produite ainsi par le mouvement musculaire est si considérable que l'on a pu se demander si cette action musculaire n'était pas la seule source de chaleur et si, même pendant le repos, la quantité de chaleur produite n'était pas due à la contraction du cœur et des muscles inspireurs.

Cependant, il est difficile de faire des muscles les producteurs exclusifs de la chaleur animale. Les centres nerveux paraissent aussi dégager de la chaleur (voir page 292); le cerveau serait, après le foie, l'organe le plus chaud du corps, et le sang des sinus a une température plus élevée que celui de la carotide. Il en est de même des glandes, d'après les recherches de Ludwig.

La question de la production de chaleur dans le sang est liée à celle du lieu des oxydations internes, question qui a été déjà



tion de chaleur augmente d'une façon notable. C'est ce que montre le tableau suivant, emprunté à Hirn, dans lequel sont mises en regard la production de chaleur et la consommation d'oxygène dans le repos et dans le mouvement. Tous les chiffres sont calculés pour une heure :

Sexe.	Age.	Poids.	REPOS.		MOUVEMENT.		
			Oxygène absorbé.	Calories.	Oxygène absorbé.	Calories.	Travail en kilogrammètres.
M	42 ans.	63 <sup>k</sup>	27 <sup>gr</sup> ,7	149	120 <sup>gr</sup> ,1	275	22,980
M	42	85	32 ,8	180	142 ,9	312	34,040
M	47	73	27 ,0	140	128 ,2	229	32,550
M	18	52	39 ,1	165	100 ,0	274	22,140
F	18	62	27 ,0	138	108 ,0	266	21,630
Moyennes	33,4	67	30 ,72	154,4	119 ,84	271,2	26,668

Pendant le sommeil la production de chaleur s'abaisse et, d'après Helmholtz, il n'y aurait plus que 36 calories de formées par heure pour un homme de 60 kilogr., ce qui donnerait environ 40 calories pour un homme de 67 kilogr. Il est facile maintenant, avec ces données, de construire le tableau des calories formées en 24 heures pendant le repos et pendant le mouvement.

	JOURNÉE DE REPOS.		JOURNÉE DE MOUVEMENT.		
	Repos (16 heures).	Sommeil (8 heures).	Repos (8 heures).	Mouvement (8 heures).	Sommeil (8 heures).
Nombre de calories formées. . .	2470,4	320	1235,2	2169,6	320
	(154,4 × 16)	(40 × 8)	(154,4 × 8)	(271,2 × 8)	(40 × 8)
Total. . . .	2790,4		3724,8		

#### 4° Rapport entre la production de chaleur et la production de travail mécanique.

Les faits mentionnés dans les paragraphes précédents conduisent à ce résultat que la plus grande partie au moins de la chaleur animale est produite dans les muscles. Il doit donc y avoir, et il y a en effet, une relation intime entre la chaleur produite et le travail musculaire. La *corrélation des forces* (voir page 3) est applicable aux organismes vivants comme aux corps bruts, et



au chiffre total de calories produites,  $3724^{\circ},8 + 701^{\circ} = 4425^{\circ},8$ , on voit que le sixième environ de la chaleur produite s'est transformée en mouvement (<sup>1</sup>).

Mais il est plus rationnel de comparer la quantité de chaleur formée pendant les 8 heures de travail seulement au travail mécanique produit, et, dans ce cas, le rapport est encore plus favorable que tout à l'heure. En effet, pendant ces 8 heures, le travail produit comprend les 213,314 kilogrammètres de travail mécanique, plus le tiers du travail du cœur et des muscles inspireurs, soit 28,333 kilogrammètres. Il y a donc en pendant ces 8 heures une production de 241,677 kilogrammètres, correspondant à 592 calories. D'autre part, le nombre de calories formées pendant ces 8 heures a été de  $2169^{\circ},6 + 592 = 2761^{\circ},6$ . Si on compare ce chiffre de  $2761^{\circ},6$  à 592, on voit que le quart environ de la chaleur produite s'est transformé en travail mécanique et on reconnaît immédiatement quel avantage présente, au point de vue du rendement, la machine animale sur les meilleures machines industrielles.

Une autre conclusion ressort du tableau de Hirn : si on compare la période de mouvement à celle du repos, on voit que la production de forces vives (chaleur et travail mécanique) ne fait guère que doubler, tandis que la consommation d'oxygène est presque quadruplée (rapport de 30,72 à 119,84).

La quantité de chaleur ainsi produite dans la contraction musculaire suffirait pour élever la température du corps humain de  $1^{\circ},2$  pendant le repos, de  $5^{\circ}$  à  $6^{\circ}$  pendant le mouvement, si des causes, qui seront étudiées plus loin, n'intervenaient pour arrêter cette élévation de température. Cependant, Davy a observé une augmentation de température de  $0^{\circ},3$  à  $0^{\circ},7$  pendant l'exercice musculaire. La privation d'exercice produit l'effet inverse ; si on lie un animal de façon à empêcher ses mouvements, sa température s'abaisse.

### 3. — RÉPARTITION DE LA CHALEUR DANS L'ORGANISME.

On a vu dans les paragraphes précédents que la production de chaleur dans l'organisme est loin d'être uniforme, quelques régions, comme les muscles, produisant beaucoup de chaleur, quelques autres beaucoup moins, quelques-unes enfin, comme

---

(<sup>1</sup>) Le chiffre  $3724^{\circ},8$  représente le nombre de calories produites pendant la journée de travail ; mais il faut y ajouter, pour avoir la quantité totale de chaleur produite, les 701 calories qui se sont transformées en travail mécanique pendant les huit heures de travail.





même; 2° de la quantité de chaleur cédée ou prise à l'organe par le sang qui le traverse; 3° de la température des organes voisins et de leur conductibilité. Enfin, pour les organes superficiels, il faut ajouter une quatrième condition, celle de l'état physique du milieu ambiant.

#### 4. — DÉPERDITION DE CHALEUR PAR L'ORGANISME.

L'organisme produisant continuellement de nouvelles quantités de chaleur, sa température propre s'élèverait indéfiniment si une partie de cette chaleur ne disparaissait au fur et à mesure. Cette perte de chaleur se fait de plusieurs façons. La plus grande partie de la chaleur produite se perd par le rayonnement par la surface cutanée; une autre partie est employée à échauffer l'air inspiré et les aliments et les boissons que nous ingérons; enfin, une dernière partie disparaît dans la vaporisation de l'eau exhalée par les surfaces pulmonaire et cutanée. Toutes ces quantités peuvent être calculées approximativement.

1° *Échauffement de l'air inspiré.* — Nous inspirons par jour environ 13 kilogr. d'air à 12° en moyenne, et nous le renvoyons à la température de 37°; nous avons donc échauffé en 24 heures 13 kilogr. d'air de 25°; la capacité calorifique de l'air étant 0,26, la quantité de calories perdues par l'organisme sera de  $13 \times 25 \times 0,26 = 84$  calories.

2° *Échauffement des aliments et des boissons.* — Leur température est en moyenne de 12°; celle des excréments et des urines est de 37°; c'est donc une quantité de 1,900 grammes environ de matières de capacité calorifique = 1 qui ont été échauffées de 25°; elles représentent une perte de  $1^k,900 \times 25 = 47$  calories.

3° *Évaporation cutanée.* — Cette évaporation est, en moyenne, de 660 grammes. 1 gramme d'eau, pour passer à l'état de vapeur, absorbe 0,582 calorie; pour vaporiser 660 grammes d'eau, l'organisme perdra donc 364 unités de chaleur.

4° *Évaporation pulmonaire.* — En l'évaluant à 330 grammes d'eau, son évaporation représente une perte de 182 calories.

5° *Rayonnement par la peau.* — La quantité de calories ainsi perdues est impossible à évaluer directement; le seul moyen d'arriver indirectement à la connaître est de retrancher la somme des quantités précédentes (677) de la quantité totale de calories perdues par l'organisme = 2,500. On a ainsi  $2,500 - 677 = 1,823$  calories.

Le tableau suivant résume les différentes causes de la déperdition de chaleur et leur valeur absolue ; les chiffres expriment des calories :

Peau. . .	2,187	{	Rayonnement . . . . .	1,823	
			Évaporation. . . . .	364	
Poumons. .	266	{	Évaporation. . . . .	182	} 546
			Échauffement de l'air inspiré.	84	
Échauffement des ingesta . . . . .				47	

Au lieu de donner la valeur absolue de la perte de chaleur en calories, on peut donner simplement la valeur relative pour 100. C'est ce que représente le tableau suivant qui montre comment se répartit une perte de 100 calories suivant les divers modes de déperdition de chaleur :

Peau. . .	87,5	{	Rayonnement . . . . .	73,0	
			Évaporation. . . . .	14,5	
Poumons. .	10,7	{	Évaporation. . . . .	7,2	} 21,7
			Échauffement de l'air inspiré.	3,5	
Échauffement des ingesta . . . . .				1,8	
				<hr/> 100,0	

On voit par ces chiffres que près de 90 p. 100 de la chaleur produite sont éliminés par la peau ; les petits organismes perdent donc beaucoup plus de chaleur que les grands, leur surface cutanée étant plus étendue par rapport à la masse du corps, et doivent compenser cette déperdition par une production de chaleur plus intense. Aussi les petits animaux sont-ils en général plus vifs et plus actifs que les grands.

Les conditions qui influencent la déperdition de chaleur doivent être cherchées, d'une part dans l'organisme, de l'autre dans le milieu extérieur, et pour l'homme principalement dans l'atmosphère.

Du côté de l'organisme, c'est la peau qui joue le rôle le plus important ; son épiderme (mauvais conducteur) s'oppose plus ou moins, suivant son épaisseur, aux déperditions de calorique par conductibilité ; ses caractères de sécheresse ou d'humidité ont une influence encore plus grande : en effet, plus l'évaporation est active à sa surface, plus la perte de chaleur est considérable.

Enfin, il en est de même de l'état de ses vaisseaux ; quand ils sont dilatés et remplis de sang, la peau abandonne au milieu

extérieur beaucoup plus de chaleur que quand ils sont rétrécis et parcourus par une faible quantité de sang.

L'air est mauvais conducteur de la chaleur, mais sa température et son humidité influencent directement la déperdition de calorique en favorisant ou en contrariant le rayonnement et l'évaporation. Le mouvement et l'agitation de l'air ont surtout, à ce point de vue, une très-grande importance. Quand les couches d'air qui entourent immédiatement l'organisme se renouvellent continuellement, la peau perd à chaque instant du calorique par le rayonnement et par l'évaporation (en admettant, ce qui a lieu d'habitude, que la température de l'air soit inférieure à celle de l'organisme), tandis que si on maintient une couche d'air autour du corps, comme on le fait par les vêtements, le refroidissement est beaucoup plus lent ; les vêtements agissent alors comme les doubles fenêtres d'un appartement.

#### 5. — ÉQUILIBRE ENTRE LA PRODUCTION ET LA DÉPERDITION DE LA CHALEUR.

Le maintien d'une température constante est une des conditions de l'activité vitale chez les animaux à sang chaud ; c'est elle qui leur permet de conserver toute leur énergie fonctionnelle, quelle que soit la température du milieu ambiant, ou du moins tant que cette température ne dépasse pas, en plus ou en moins, certaines limites, et cette constance paraît surtout favorable aux manifestations de l'activité nerveuse.

Pour que cet équilibre de température s'établisse, il faut de toute nécessité que l'organisme perde, en une minute par exemple, autant de chaleur qu'il en produit. Ainsi, si le corps humain produit 1,87 calorie par minute, il doit en perdre 1,87 pour que sa température moyenne reste constante ; s'il en produit 2, l'équilibre s'établira encore si la perte est aussi de 2 calories par minute ; seulement, dans ce cas, la température moyenne augmentera.

Deux conditions agissent donc sur cet équilibre de température, les variations dans la production de chaleur, les variations dans la déperdition.

Les variations dans la production de chaleur tiennent au plus ou moins d'activité des différents foyers de chaleur de l'orga-



vité du cœur s'accroît et fait passer plus de sang par les capillaires et surtout par les capillaires de la peau, dont les artérioles se dilatent ; il en résulte une déperdition plus grande de la chaleur par la peau ; en outre, la sueur est sécrétée en abondance et son évaporation amène aussi une perte de calorique ; en même temps, les respirations ont plus d'ampleur et le sang qui traverse les capillaires des vésicules se refroidit dans les poumons ; enfin la sensation de chaleur que nous éprouvons nous porte à augmenter encore la déperdition de chaleur par des vêtements légers, bons conducteurs, par des bains, etc. Quand la température baisse, les phénomènes inverses se produisent ; les artérioles cutanées se rétrécissent et ne laissent passer par la peau, surface réfrigérante par excellence de l'organisme, que le minimum de sang indispensable à son fonctionnement ; le sang reste dans les parties plus profondément situées et peu accessibles au refroidissement ; nous diminuons encore la déperdition de la chaleur par des vêtements mauvais conducteurs, par l'échauffement artificiel de l'air qui nous entoure ; enfin, nous augmentons la production de chaleur par l'exercice musculaire et par une alimentation abondante riche en hydrocarbonés et en corps gras.

D'après Liebermeister et Hoppe, une soustraction subite de chaleur (comme par une douche froide par exemple) amènerait une augmentation de température. Si on mouille le pelage d'un chien, on remarque une augmentation de température pendant tout le temps de l'évaporation ; si on empêche l'évaporation par une enveloppe de caoutchouc, il n'y a pas d'augmentation de température.

**Application d'un enduit imperméable sur la peau.** — Quand on recouvre la peau d'un animal d'un enduit imperméable (gélatine, vernis, etc.), cet animal ne tarde pas à succomber ; chez les lapins il suffit, pour que la mort arrive, que l'enduit couvre un sixième seulement de la surface cutanée. Les animaux présentent, au bout de quelques heures, de la dyspnée ; la respiration et le pouls diminuent de fréquence ; il survient de la paralysie et des convulsions, et la température (dans le rectum) s'abaisse à 19° ou 20° ; les urines sont albumineuses. A l'autopsie, on trouve une congestion de différents organes et une dilatation notable des vaisseaux de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané.

La cause de la mort n'est pas encore bien expliquée. On l'a attribuée à la rétention de principes volatils nuisibles (*perspirabile retentum*) qui n'auraient pu être éliminés ; combinaison volatile azotée, ammoniacque, urée décomposée, etc. On a trouvé sous la peau des parties



sciatique), et s'explique par un rétrécissement réflexe des vaisseaux ; tantôt l'abaissement porte sur la température générale de l'organisme (comme dans la douleur) et est plus difficile à interpréter.

On voit, par ces données expérimentales, que le système nerveux agit surtout par l'intermédiaire des nerfs vaso-moteurs sur la répartition et sur la déperdition de chaleur. Agit-il directement sur la production de chaleur ? Cl. Bernard croit à un effet calorifique distinct de la circulation ; pour lui le grand sympathique est à la fois un nerf vaso-moteur, constricteur des vaisseaux et un nerf frigorigène, et ces deux actions seraient indépendantes l'une de l'autre ; si on sectionne le sympathique au cou, après avoir lié les veines de l'oreille pour interrompre la circulation, l'augmentation de température ne s'en montre pas moins. Les nerfs vaso-moteurs, comme la corde du tympan, auraient une action opposée à celle des nerfs constricteurs et seraient des nerfs calorifiques ; en un mot, suivant l'expression de Cl. Bernard, l'organisme vivant pourrait *faire sur place du chaud ou du froid* à l'aide de son système nerveux. Les idées de Cl. Bernard ne sont pas adoptées par la plupart des physiologistes.

Y a-t-il maintenant dans la moelle ou dans l'encéphale, en dehors des centres vaso-moteurs proprement dits, des centres spéciaux régulateurs, chargés de maintenir l'équilibre entre la production et la déperdition de chaleur ? La question est actuellement à peu près insoluble. Quelques auteurs (Naunyn, Quincke) ont bien admis dans le cerveau des centres d'arrêt d'où partiraient des fibres modératrices ralentissant ou enrayant les processus thermiques, mais les expériences sont encore trop incomplètes pour qu'on puisse en tirer des conclusions précises.

## 7. — DES VARIATIONS DANS LA TEMPÉRATURE DU CORPS.

### 1° VARIATIONS SUIVANT LES DIVERS ÉTATS DE L'ORGANISME. —

a) *Age*. — Les différences de température dues à l'âge n'atteignent pas 1°. Après la naissance, la température du nouveau-né est de 37°,75 dans le rectum ; elle baisse dans les premières heures et tombe à 37° ; puis, dans les dix jours suivants, elle remonte à 37°,2 — 37°,6 et reste à ce niveau jusqu'à la puberté : à partir de ce moment, elle s'abaisse de nouveau jusqu'à cinquante









peut remplacer le galvanomètre par une solution d'iodure de potassium et d'amidon; l'iode est mis en liberté à l'électrode positif et bleuit l'amidon.

### 1° *Courant musculaire et nerveux.*

Si, comme dans la figure 174, on place sur les coussinets de l'appareil de Du Bois-Reymond un fragment de muscle (au repos), de façon que la section transversale corresponde à un des coussinets et sa surface à l'autre coussinet, la déviation de l'aiguille du galvanomètre indique l'existence d'un courant, qui, dans le muscle, va de la coupe transversale à la surface et, dans le conducteur galvanométrique, de la surface à la coupe. La surface du muscle est électrisée positivement, la coupe négativement (fig. 176). Au lieu de prendre la coupe transversale d'un muscle, on peut prendre le tendon du muscle qui constitue ce qu'on appelle la *surface transversale naturelle*, comme dans la figure 173, et qui est électrisé négativement. Au lieu de la surface du muscle, on peut prendre une section du muscle *parallèle* aux fibres musculaires, ou ce qu'on appelle encore la *surface longitudinale artificielle*, et qui est électrisée positivement. Chaque muscle ou fragment de muscle constitue donc un véritable couple électro-moteur, et en associant des tronçons de muscles de grenouilles à la façon des éléments d'une pile à colonnes, on a pu construire de véritables *piles musculaires*.

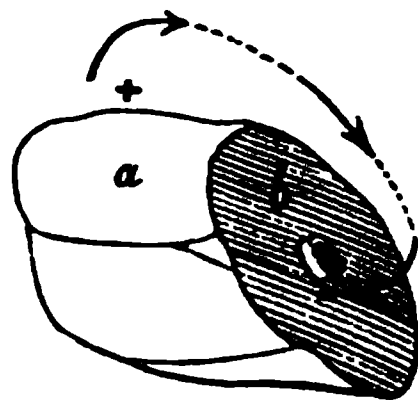


Fig. 176. — Direction du courant musculaire.

Les nerfs sont le siège de courants semblables qui ne se distinguent des courants musculaires que parce qu'ils sont plus faibles.

Ce sont ces courants musculaires et nerveux qui forment par leur réunion ce que Nobili (1825) appelait le *courant propre de la grenouille*. Dans la grenouille ce courant va de la périphérie des extrémités vers le tronc; dans le tronc il va de l'anus vers la tête. Chez les mammifères, sa direction est inverse; ainsi les membres amputés et dépouillés de la peau montrent un fort courant qui va du tronc à la périphérie.



surfaces. Les points  $a, b, c, d$ , pris sur une des surfaces, considérée comme ligne des abscisses, indiquent le milieu de l'espace compris

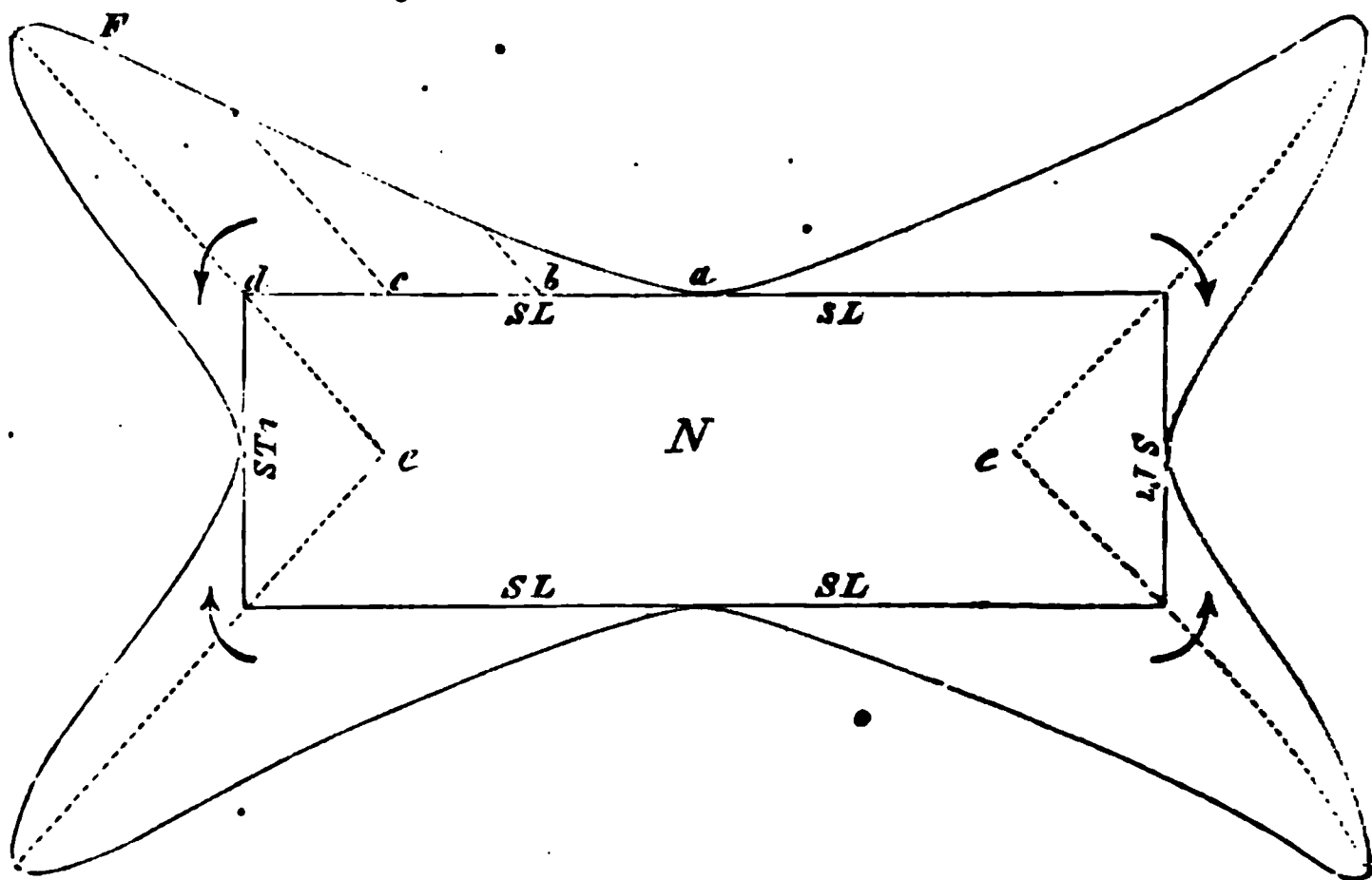


Fig. 178. — Schéma de l'intensité des courants dans le liquide nerveux.

entre les deux points d'application du conducteur, et les ordonnées abaissées sur ces points représentent l'intensité du courant qui traverse le conducteur. On voit qu'en  $a$ , le courant  $= 0$ , et que le courant est à son maximum (ordonnée  $ed$ ) quand les deux extrémités du conducteur sont situées, l'une sur la surface longitudinale, l'autre sur la surface transversale.

Il arrive souvent que la partie tendineuse du muscle, au lieu d'être électrisée négativement, soit positive; c'est ce que Du Bois-Reymond a appelé *partie parélectronomique* du muscle.

**Courants d'inclinaison. — Rhombe musculaire.** — Si la coupe du muscle, au lieu d'être exactement perpendiculaire à la surface longitudinale, est oblique, les courants ne présentent plus la même disposition; le point le plus négatif de la coupe, au lieu de correspondre au centre de la coupe, se rapproche de l'angle aigu; le point le plus positif de la surface longitudinale au contraire se rapproche de l'angle obtus.

La fatigue diminue la force du courant musculaire.

Les caractères du courant nerveux sont les mêmes que ceux du courant musculaire.

Pour l'influence de l'électrotonus sur le courant nerveux, voir *Action de l'électricité sur l'organisme*.

Les autres parties de l'organisme sont aussi le siège de courants



viron  $\frac{1}{1000}$ ° de seconde ; puis, à partir de ce point, elle se propage dans le muscle à raison de 3 mètres par seconde, c'est-à-dire avec une vitesse égale à celle de la transmission de l'onde musculaire. Dans les nerfs, il en est de même et sa propagation se fait comme pour l'excitation nerveuse, à raison de 33 mètres par seconde en moyenne.

Du Bois-Reymond ne considère pas la variation négative comme l'indice d'une diminution réelle du courant.

Holmgren a constaté la variation négative du courant de la rétine du lapin au moment où les rayons lumineux entrent dans l'œil.

### 3° *Théories des courants musculaire et nerveux.*

La théorie des phénomènes électriques qui se produisent dans les nerfs et dans les muscles, soit à l'état de repos, soit à l'état d'activité, laisse encore beaucoup à désirer, et je me contenterai de donner une idée générale des principales opinions émises sur ce sujet sans entrer dans la discussion de ces opinions.

1° *Théories chimiques.* — Liebig émit un des premiers l'idée que le courant musculaire était dû à la réaction différente du sang (alcalin) et du tissu musculaire (acide), et cette idée de l'origine chimique des courants électriques a été soutenue et généralisée par d'autres observateurs. Ranke, en particulier, a cherché, en se basant sur la façon dont les éléments anatomiques se comportent avec le carbonate d'ammoniaque, à déterminer la réaction de ces éléments ; il a vu que le noyau des cellules était acide par rapport au contenu cellulaire, qu'il en était de même de la fibre-axe du nerf par rapport à la moelle nerveuse, de la substance intermédiaire du muscle, par rapport aux *sarcous elements*, et il considère tous ces éléments anatomiques comme des molécules électro-motrices et l'origine incessante de courants électriques multiples dans l'intérieur de l'organisme. Mais c'est surtout E. Becquerel qui, dans ses remarquables recherches sur les *phénomènes électro-capillaires*, a, grâce à ses observations et à ses expériences ingénieuses, fait entrer dans une voie nouvelle l'étude des phénomènes électriques dans les organismes vivants. E. Becquerel a démontré, en effet, que des circuits électro-chimiques peuvent exister dans l'organisme sans l'intervention d'un métal ; il suffit de la présence de deux liquides de nature différente, séparés par une fente capillaire ou par une membrane organique ; la paroi qui est en contact avec le liquide, qui se







1. — TRANSMISSION DES VIBRATIONS SONORES  
JUSQU'AU NERF AUDITIF.

Au point de vue physiologique, l'appareil auditif peut être représenté schématiquement de la façon suivante (*fig. 180*). En allant de l'extérieur à l'intérieur, on trouve les parties suivantes :

i

*Fig. 180. — Schéma de l'appareil auditif.*

1° l'oreille externe (A) formée par le *pavillon de l'oreille* (1) et le *conduit auditif externe* (2); 2° l'oreille moyenne (B) constituée par une cavité remplie d'air, *caisse du tympan* (3), communiquant avec l'air extérieur par la *trompe d'Eustache* (5) et pourvue d'une cavité accessoire, *cellules mastoïdiennes* (6); la caisse du tympan est séparée du conduit auditif par une membrane, *membrane du tympan* (4), et des cavités de l'oreille

*Fig. 180. — A, oreille externe. — B, oreille moyenne. — C, oreille interne. — 1, pavillon de l'oreille. — 2, conduit auditif externe. — 3, caisse du tympan. — 4, membrane du tympan. — 5, trompe d'Eustache. — 6, cellules mastoïdiennes. — 7, marteau. — 8, enclume. — 9, étrier. — 10, fenêtre ronde. — 11, fenêtre ovale. — 12, vestibule. — 13, limaçon. — 14, rampe tympanique. — 15, rampe vestibulaire. — 16, canal demi-circulaire.*

interne par la membrane de la *fenêtre ronde* (10) et par un osselet, l'*étrier* (9), enchâssé dans une seconde ouverture, *fenêtre ovale* (11); deux osselets, le *marteau* (7) et l'*enclume* (8), rattachent la membrane du tympan à l'étrier; 3° l'*oreille interne* (C) ou *labyrinthe* est complètement remplie par du liquide et comprend le *vestibule* (12), les *canaux demi-circulaires* (16) et le *limaçon* (13) avec ses deux *rampes*, *rampe tympanique* (14) aboutissant à la fenêtre ronde; et *rampe vestibulaire* (15). C'est sur les membranes de ces différentes parties du labyrinthe que se distribuent les terminaisons périphériques du nerf auditif.

L'ensemble de ces organes constitue un petit appareil susceptible d'éprouver des vibrations moléculaires et des vibrations d'ensemble sous l'influence des oscillations des corps sonores.

Le *son propre* de l'oreille, d'après Helmholtz, serait le si correspondant à 244 vibrations; c'est le son qu'on obtient par la percussion de l'apophyse mastoïde.

### 1° *Transmission des vibrations sonores dans l'oreille externe.*

Les vibrations sonores arrivent en premier lieu au *pavillon de l'oreille*. Une partie de ces ondes sonores est réfléchie vers l'extérieur; une autre partie subit une série de réflexions qui les dirigent vers le conduit auditif; presque toutes celles qui arrivent dans la conque sont réfléchies contre la face interne du tragus et renvoyées dans le conduit auditif; la conque agit comme un miroir concave qui concentrerait les ondes sonores. L'orientation même de la conque et du pavillon fait que, suivant la direction, une partie plus ou moins considérable des ondes sonores pénètre dans le conduit auditif, ce qui nous permet de juger de l'intensité et de la direction du son. L'agrandissement de la conque par la contraction des muscles du tragus et de l'anti-tragus fait entrer dans le conduit auditif une plus grande quantité d'ondes sonores; son rétrécissement par les muscles de l'hélix produit l'effet inverse. Les replis du pavillon peuvent encore guider le son vers la conque, comme il est guidé par des gouttières demi-circulaires ou par les intersections de certaines voûtes (salle de l'Observatoire de Paris). Si on supprime les inégalités du pavillon en remplissant ses cavités par une masse molle (cire et huile),



ceau lumineux qui pénètre dans l'œil. Parmi ces rayons sonores, il en est qui arrivent jusqu'à la membrane du tympan sans éprouver de réflexion préalable <sup>(1)</sup>. Si on mène (*fig. 181, p. 735*), par les centres O des orifices des deux conduits auditifs, une ligne AB, on a ce qu'on peut appeler l'*axe auditif*; les rayons sonores qui suivent cet axe auditif arrivent directement jusqu'au tympan. Les lignes extrêmes du faisceau sonore, *a, b*, coupent cet axe auditif en dehors du point O et à des distances variables. On peut appeler *ligne auditive* DO la ligne menée du corps sonore D au centre O, et *angle auditif* l'angle DOB que fait la ligne auditive avec l'axe auditif. On a ainsi un moyen de déterminer rigoureusement, dans les expériences physiologiques ou pathologiques, la position du corps sonore et la direction des vibrations. Plus la ligne auditive se rapproche de l'axe auditif, plus l'angle auditif diminue, plus les sons sont perçus avec netteté, les vibrations ne perdant pas de leur amplitude dans une série de réflexions successives.

Dans le *conduit auditif externe*, les ondes sonores subissent une série de réflexions qui les conduisent jusqu'au fond sur la membrane du tympan. Grâce à l'obliquité de cette membrane et à sa courbure, la plupart de ces ondes viennent la frapper presque perpendiculairement.

Une partie des ondes sonores qui arrivent au fond du conduit auditif sont réfléchies par la membrane du tympan et renvoyées à l'extérieur; cette réflexion est d'autant plus forte que la membrane est plus tendue et plus oblique.

## 2° *Transmission des vibrations sonores dans l'oreille moyenne.*

L'oreille moyenne est constituée essentiellement par une cavité dont les parois sont invariables, à l'exception de la membrane du tympan, de la membrane de la fenêtre ronde et de l'appareil qui obture la fenêtre ovale. Cette cavité communique avec l'air extérieur par la trompe d'Eustache, dont la partie cartilagineuse, habituellement fermée, forme une espèce de soupape qui peut

---

<sup>(1)</sup> D'après certains auteurs, tous les rayons subiraient au moins une réflexion préalable avant de pénétrer jusqu'au tympan.



marteau et tend la membrane qui suit le mouvement de l'os. La contraction du muscle du marteau est volontaire chez quelques individus, mais habituellement elle est inconsciente et réflexe, à moins qu'elle ne s'associe à une contraction énergique des muscles masticateurs, dont elle constitue un phénomène accessoire. Cette contraction s'accompagne d'une crépitation de cause douteuse <sup>(1)</sup>. Quand la contraction du muscle du marteau cesse ou diminue, la membrane revient à sa position d'équilibre par son élasticité propre et par celle de la chaîne des osselets. L'action du muscle de l'étrier est trop hypothétique pour y insister.

Les variations de tension de la membrane du tympan agissent de deux façons : 1° elles font varier le son propre de la membrane, de façon que celle-ci entre plus facilement en vibration pour un son d'une hauteur donnée; elle se tend dans les sons aigus, se détend dans les sons graves; 2° cette membrane agit comme *étouffoir* ou comme *sourdine*. A mesure que sa tension augmente, elle affaiblit l'intensité des vibrations, surtout pour les sons graves.

**Transmission des vibrations de la membrane du tympan au labyrinthe.** — Les vibrations du tympan se transmettent d'une part à l'air de la caisse, de l'autre aux osselets de l'ouïe, et par ces deux voies au liquide du labyrinthe.

a) La *transmission par l'air de la caisse* est incontestable mais c'est la voie la moins importante. L'air de la caisse entre en vibrations, et ces vibrations se transmettent à la membrane de la fenêtre ronde et par elle au limaçon.

b) La *transmission par la chaîne des osselets* est de beaucoup la plus importante. Ces osselets, qui forment de la membrane du tympan à la fenêtre ovale une chaîne continue, articulée et angulaire, vibrent comme un tout à cause de la petitesse des parties et ces vibrations, comme celles du tympan, ne peuvent être que transversales. Les inflexions de cette chaîne des osselets, ses articulations, le passage subit des parties dures à des parties molles, la gaine muqueuse qui enveloppe les osselets, sont autant de conditions anatomiques qui doivent diminuer la facilité de

---

<sup>(1)</sup> On a attribué cette crépitation à la tension brusque du tympan; mais cette tension, qu'on peut produire facilement en se bouchant le nez et en faisant une forte expiration (recherche de Valsalva), détermine un bruit sourd bien différent de cette crépitation. Elle paraît plutôt due à l'ouverture subite de la trompe d'Eustache par la contraction simultanée du péri-staphylin externe.



transmission des vibrations dans l'intérieur de la chaîne des osselets, sans entraver leur vibration totale. En outre, ces osselets ont une certaine mobilité les uns sur les autres, et ; comme pour le tympan, l'action musculaire peut augmenter ou diminuer la tension et la rigidité de ce petit système vibrant.

Les vibrations de la membrane du tympan se transmettent au manche du marteau et par cet os aux autres osselets de la façon

*Fig. 132. — Mouvements du marteau et de l'enclume. (Voir page 740.)*

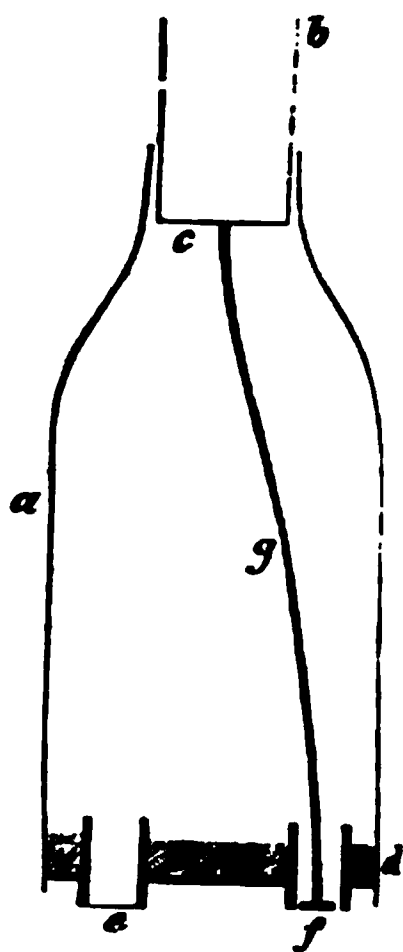
suivante : toutes les fois que le manche du marteau se porte en dedans, la branche de l'enclume en fait autant et pousse l'étrier dans la fenêtre ovale ; donc, à chaque mouvement en dedans du tympan correspond un véritable coup de piston de l'étrier qui presse sur le liquide du vestibule, et chaque oscillation de la

*Fig. 133. — M, marteau. — E, enclume. — A, courte branche de l'enclume. — R, longue branche de l'enclume. — P, manche du marteau. — AB, axe des mouvements des osselets.*

membrane amène un mouvement de va-et-vient de l'étrier dans la fenêtre ovale. Il est possible que le muscle de l'étrier serve à diminuer l'amplitude de l'excursion des mouvements de l'étrier dans la fenêtre ovale.

A cause de la plus faible longueur de la longue branche de l'enclume, la vitesse du mouvement et l'excursion de l'extrémité de cette branche sont plus petites que celles de l'extrémité du manche du marteau, mais ce qui se perd en vitesse est regagné en force. En effet, soit (*fig.* 182, page 739) M le marteau, E l'enclume, les trois points, A, courte branche de l'enclume, R, sa longue branche, et P, manche du marteau, sont sur une même ligne et peuvent être considérés comme formant un levier du deuxième genre, ayant son point d'appui en A, sa puissance en P, sa résistance en R à l'étrier; la longueur du bras de levier de la puissance est de 9 millimètres environ, celle du bras de levier de la résistance de 6 millimètres; la force avec laquelle la branche de l'enclume pressera sur l'étrier sera égale à 1,5, la puissance P étant égale à l'unité.

L'appareil suivant de J. Müller représente ces deux modes de transmission. Un cylindre de verre, *a* (*fig.* 183), est fermé à sa partie supérieure rétrécie en col par un tube, *b*, qui figure le conduit auditif externe et est obturé par une membrane, *c* (membrane du tympan). L'autre ouverture du cylindre est fermée par une plaque de liège, *d*, percée de deux trous par lesquels passent deux tubes obturés par des membranes, *e* et *f*. Une petite tige de bois, *g*, représentant la chaîne des osselets, va de la membrane du tympan *c* à la membrane *f* (fenêtre ovale); *e* représente la fenêtre ronde; la partie *d* du cylindre plonge dans l'eau et on produit un son dans le tube *b* auquel est adapté un sifflet de laiton. Le son se transmet jusque dans l'eau et en plaçant dans cette eau, alternativement près de *e* et près de *f*, un conducteur qui se rend à l'oreille de l'expérimentateur (l'autre oreille étant bouchée), il est facile de juger de l'intensité des sons qui arrivent en *e* et en *f*; or, on remarque de suite que les sons qui arrivent par l'air du cylindre à la membrane *e* ont beaucoup moins d'intensité.



*Fig.* 183. — Appareil de J. Müller pour la transmission des vibrations dans la caisse du tympan.



du labyrinthe est la membrane de la fenêtre ronde, cette membrane se bombe du côté de la caisse, comme on peut s'en assurer sur le cadavre. Grâce à cette disposition, le liquide du labyrinthe subit des oscillations isochrones aux oscillations de l'étrier, oscillations qui se transmettent aux terminaisons des nerfs auditifs.

Dans le *limaçon*, les vibrations doivent marcher de la base au sommet dans la rampe vestibulaire, redescendre du sommet à la base dans la rampe tympanique, où elles arrivent sur la membrane de la fenêtre ronde; là elles se réfléchissent en sens inverse, et comme il survient successivement de nouvelles ondes par la fenêtre ovale et de nouvelles réflexions par la membrane de la fenêtre ronde, il en résulte des *vibrations stationnaires* comme celles d'une corde fixée par les deux bouts, et par suite des vibrations correspondantes dans la rampe moyenne qui contient l'organe de Corti et les terminaisons du nerf du limaçon.

Les coups de piston de l'étrier ne déterminent pas seulement la production d'une ondulation dans le limaçon. Dans le vestibule s'ouvrent en outre les cinq orifices des conduits demi-circulaires. Une partie de l'ondulation se partage donc en cinq branches ou courants qui s'engagent dans ces canaux; si ceux-ci avaient le même diamètre à leurs deux orifices, les vibrations marchant en sens inverse s'annuleraient, mais en réalité il n'en est rien, et on est encore réduit à des hypothèses sur le rôle des canaux semi-circulaires. (Voir : *Centres nerveux*.)

## 2. — DE LA SENSATION AUDITIVE.

Pour qu'il y ait excitation du nerf auditif et par suite sensation auditive, il faut certaines conditions : 1° les vibrations doivent avoir une certaine amplitude; trop faibles, elles n'impressionnent pas l'organe de l'ouïe; 2° elles doivent avoir une certaine durée; au-dessus ou au-dessous d'un certain nombre de vibrations par seconde, les sons ne sont plus perceptibles; ces limites varient elles-mêmes avec les individus; ainsi, certaines personnes ne perçoivent pas le chant du grillon, mais en général la limite supérieure est de 20,000 vibrations, la limite inférieure de 30 vibrations <sup>(1)</sup> par seconde.

---

(1) Il s'agit ici de vibrations doubles.



reille d'apprécier la différence de hauteur de deux sons qu'est basé essentiellement l'art musical.

**Applications à l'art musical.** — Au point de vue physiologique, on peut résumer de la façon suivante les principes musicaux en ce qui concerne la hauteur des sons.

On appelle *intervalle* de deux sons le rapport du nombre de vibrations de ces deux sons ; ainsi, si l'un des sons fait 300 vibrations par seconde, l'autre 200, l'intervalle sera représenté par  $\frac{300}{200}$  ou  $\frac{3}{2}$ . Certains intervalles sont représentés par des rapports numériques très-simples :  $\frac{2}{1}$ ,  $\frac{3}{2}$ ,  $\frac{4}{3}$ ,  $\frac{5}{4}$ , etc. ; d'autres, par des rapports numériques plus compliqués. Les intervalles dont les rapports numériques sont les plus simples sont aussi ceux que l'oreille accepte le plus facilement, entend avec le plus de plaisir et que la voix humaine émet instinctivement.

Le rapport le plus simple est le rapport de l'intervalle  $\frac{2}{1}$  ; cet intervalle a reçu le nom d'*octave* ; le son le plus aigu fait un nombre de vibrations double du son grave ; on dit alors que le premier est à l'octave du second. Le tableau suivant donne les principaux intervalles simples plus petits qu'une octave :

Intervalles.	Rapport.	Nombre de vibrations du son aigu.	Nombre de vibrations du son grave.
Quinte. . . . .	2 : 3	3	2
Quarte. . . . .	3 : 4	4	3
Tierce majeure . . .	4 : 5	5	4
Tierce mineure. . . .	5 : 6	6	5
Sixte mineure . . . .	5 : 8	8	5
Sixte majeure . . . .	3 : 5	5	3

En élevant d'une octave le son fondamental d'un intervalle, on a l'intervalle renversé ; ainsi, une quarte est une quinte renversée. On a le rapport de vibrations de l'intervalle renversé en doublant le plus petit nombre de l'intervalle primitif. Le tableau suivant donne les intervalles renversés correspondant aux intervalles simples cités plus haut :

Intervalles simples.	Rapport.	Intervalles renversés.	Rapports.
Quinte. . . . .	2 : 3	Quarte. . . . .	3 : 4
Quarte. . . . .	3 : 4	Quinte. . . . .	4 : 6 ou 2 : 3
Tierce majeure. . . .	4 : 5	Sixte mineure . . . .	5 : 8
Tierce mineure . . . .	5 : 6	Sixte majeure . . . .	6 : 10 ou 3 : 5
Sixte mineure. . . . .	5 : 8	Tierce majeure. . . .	8 : 10 ou 4 : 5
Sixte majeure . . . . .	3 : 5	Tierce mineure. . . .	5 : 6

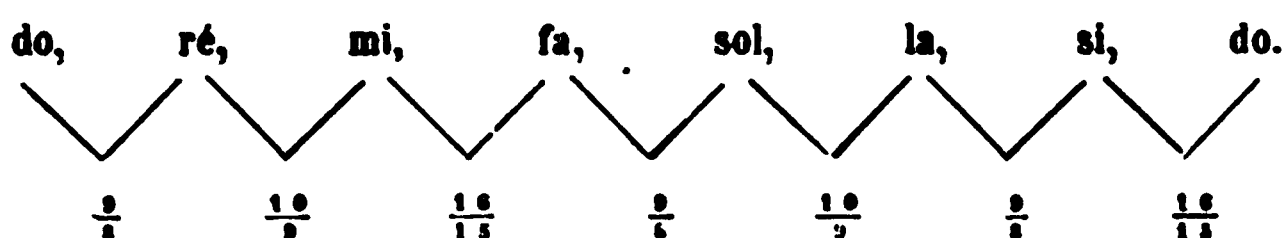
C'est en se servant des intervalles les plus simples, la quinte, la quarte et la tierce, qu'on a formé la *gamme*, en intercalant dans l'intervalle

d'une octave une série de sons ou *notes*, séparés l'un de l'autre par des intervalles déterminés.

Les notes de la gamme sont au nombre de 7, qui portent les noms suivants : *ut* (ou *do*), *ré*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *si*. Ces notes sont dans le rapport suivant de vibrations avec la *note fondamentale* ou *tonique* *do* :

$$\begin{array}{cccccccc} \text{do,} & \text{ré,} & \text{mi,} & \text{fa,} & \text{sol,} & \text{la,} & \text{si,} & \text{do.} \\ 1 & \frac{9}{8} & \frac{5}{4} & \frac{4}{3} & \frac{3}{2} & \frac{5}{3} & \frac{15}{8} & 2 \end{array}$$

C'est ce qu'on appelle la *gamme majeure* ; dans cette gamme, les intervalles entre deux notes consécutives sont les suivants :



L'intervalle  $\frac{9}{8}$  (do-ré ; fa-sol ; la-si) s'appelle *ton majeur* ; l'intervalle  $\frac{10}{9}$  (ré-mi ; sol-la) *ton mineur* ; l'intervalle  $\frac{16}{15}$  (mi-fa ; si-do) est le *demi-ton majeur* ; la différence entre le ton majeur et le ton mineur ou le *comma* est représentée par la fraction  $\frac{81}{80}$  ; c'est à peu près le cinquième du demi-ton. Dans la gamme majeure, les intervalles se succèdent dans l'ordre suivant : un ton majeur, un ton mineur, un demi-ton majeur ; un ton majeur, un ton mineur, un ton majeur, un demi-ton majeur.

On peut prendre pour *tonique* un quelconque des sons musicaux, quel que soit son nombre de vibrations, et obtenir ainsi autant de gammes qu'il y a de sons musicaux différents. Ainsi on peut commencer indifféremment la gamme par *ré*, *mi*, *fa*, etc., mais la seule condition exigée par l'oreille est que les nombres de vibrations des différentes notes de la gamme soient toujours dans les mêmes rapports avec le nombre de vibrations de la tonique.

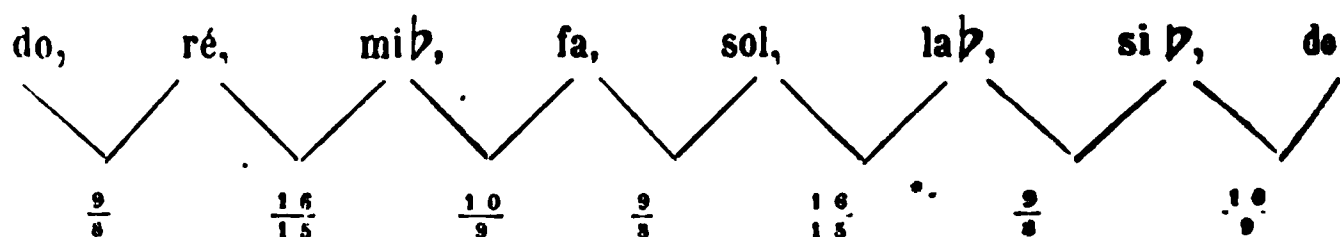
En général, on est convenu de partager l'échelle des sons musicaux en un certain nombre d'octaves en prenant pour tonique de l'octave la plus grave le son qui correspond à 33 vibrations par seconde. On a le nombre de vibrations de chacune des notes de l'octave supérieure en doublant successivement le nombre des vibrations de chaque note, comme le montre le tableau suivant :

Notes.	Contre-octave.	Grande octave.	Petite octave.	Octave seconde.	Octave tierce.	Octave quart.	Octave quinte.
Do . . .	33	66	132	264	528	1056	2112
Ré . . .	37,125	74,25	148,5	297	594	1188	2376
Mi . . .	41,25	82,5	165	330	660	1320	2640
Fa . . .	44	88	176	352	704	1408	2816
Sol . . .	49,5	99	198	396	792	1584	3168
La . . .	55	110	220	440	880	1760	3520
Si . . .	61,875	123,75	247,5	495	990	1980	3960

Outre la gamme majeure, la musique moderne emploie encore la *gamme mineure*, composée aussi de sept notes, mais dont les rapports de vibrations entre elles et avec la tonique diffèrent des rapports de la gamme majeure. On l'écrit de la façon suivante en prenant *do* pour tonique : *do, ré, mi♭, fa, sol, la♭, si♭, do* ; le signe ♭ (*bémol*) placé après une note indique que cette note est baissée d'un demi-ton ; dans cette gamme, le rapport du nombre de vibrations de chaque note par rapport à la tonique est le suivant :

$$\begin{array}{cccccccc} \text{do,} & \text{ré,} & \text{mi} \flat & \text{fa,} & \text{sol,} & \text{la} \flat & \text{si} \flat & \text{do,} \\ 1 & \frac{9}{8} & \frac{6}{5} & \frac{4}{3} & \frac{3}{2} & \frac{8}{5} & \frac{9}{5} & 2 \end{array}$$

et les intervalles entre deux notes consécutives sont les suivants :



Les intervalles se succèdent donc dans l'ordre suivant : un ton majeur, un demi-ton, un ton mineur, un ton majeur, un demi-ton ; un ton majeur, un ton mineur.

On a vu plus haut que la tonique de la gamme (majeure ou mineure) peut être placée indifféremment sur telle ou telle note. Il en résulte qu'on peut prendre successivement comme tonique les divers sons de la gamme ; on a alors les gammes ou les *tons* de *ré*, de *mi*, etc. Mais si l'on prend la gamme de *mi*, par exemple, on voit que sa deuxième note, le *fa*, ne correspond plus au même nombre de vibrations que le *fa* de la gamme de *do* majeur ; en effet, elle fait 46,4 vibrations par seconde, tandis que ce dernier en a 44 dans la contre-octave. En construisant ainsi successivement toutes les gammes, on arrive à une telle multiplicité de notes que la pratique des instruments de musique serait inabordable par sa complication. Il n'y a, pour s'en rendre compte, qu'à jeter les yeux sur le tableau suivant qui montre le nombre de vibrations des notes de la gamme dans la contre-octave des différentes gammes majeures et mineures :

*Gammes majeures.*

	Do.	Ré.	Mi.	Fa.	Sol.	La.	Si.
	—	—	—	—	—	—	—
<i>Do</i> majeur.	33	37,125	41,25	44	49,5	55	61,875
<i>Ré</i> majeur.	34,8	37,125	41,76	46,405	49,5	55,686	61,875
<i>Mi</i> majeur.	34,375	38,67	41,25	46,404	51,55	55	61,875
<i>Fa</i> majeur.	33	36,65	41,25	44	49,5	55	58,64
<i>Sol</i> majeur.	33	37,125	41,25	46,35	49,5	55,62	61,85
<i>La</i> majeur.	34,375	36,66	41,25	45,875	51,56	55	61,875
<i>Si</i> majeur.	34,8	38,67	41,25	46,4	51,56	53	61,875





le timbre dépend du nombre et de l'intensité des harmoniques du son fondamental. Ces sons partiels harmoniques accompagnent presque tous les sons musicaux. Habituellement ces harmoniques nous échappent comme sensation auditive distincte, et se fusionnent dans une sensation, *une en apparence*, que nous rapportons au son fondamental; mais avec un peu d'attention ou en s'aidant de moyens physiques (résonnateurs), on parvient facilement à les distinguer dans un son donné. Parmi les harmoniques, on distingue mieux les sons partiels impairs, la quinte, la tierce, etc., que les sons partiels pairs. Voici les harmoniques de *do* avec les nombres de vibrations des sons partiels :

	Son fondamental.		Harmoniques.							
Notes. . . . .	do <sup>1</sup>	do <sup>2</sup>	sol <sup>2</sup>	do <sup>3</sup>	mi <sup>3</sup>	sol <sup>3</sup>	si <sup>b3</sup>	do <sup>4</sup>	ré <sup>4</sup>	mi
Sons partiels .	1 <sup>er</sup> son partiel.	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	5 <sup>e</sup>	6 <sup>e</sup>	7 <sup>e</sup>	8 <sup>e</sup>	9 <sup>e</sup>	10 <sup>e</sup>
Nombre de vibrations . .	33	66	99	132	165	198	231	264	297	330

Les premiers sons partiels se distinguent mieux que les derniers.

Certains sons dépourvus d'harmoniques présentent cependant des sons partiels, mais qui ne sont plus en rapport simple de vibrations avec le son fondamental (exemple : le diapason); mais ces sons partiels sont très-élevés, s'éteignent très-vite et ne jouent qu'un rôle accessoire en musique. Les sons simples, complètement dépourvus de sons partiels, ont tous le même timbre, qui se rapproche du bruit produit en soufflant dans une bouteille ou du timbre de la voyelle *ou*; c'est un timbre doux, sombre et dépourvu de mordant, comme les sons de flûte.

## 2° *Caractères physiologiques de la sensation auditive.*

Un caractère physiologique essentiel de la sensation auditive, c'est l'*extériorité*. Quand nous entendons un son, nous rapportons ce son à l'extérieur; il nous paraît se passer en dehors de nous. Mais il n'en est plus de même quand le conduit auditif n'est plus rempli d'air. Ainsi, quand nous avons la tête sous l'eau, le bruit nous paraît intérieur; dans ce cas, les vibrations se transmettent par les parois mêmes du crâne, et la membrane du tympan ne vibre plus; l'*extériorité* paraît donc due aux vibrations



et surtout sur sa justesse. Tout le monde sait à quelle perfection on peut arriver sous ce rapport. *L'habitude* a un rôle encore plus important; c'est grâce à elle que les harmoniques qui accompagnent la plupart des sons que nous entendons passent inaperçus, et qu'un son *composé* nous donne une sensation *simple*.

Les sensations auditives peuvent être le point de départ de *réflexes*, rires, larmes, contractions musculaires, phénomènes nerveux dont la singularité souvent exagérée a défrayé plus d'un recueil à titre de curiosités scientifiques. Certaines hauteurs de son, certains caractères de timbres agissent plus spécialement sur le système nerveux; mais ce sont surtout les bruits, plus encore que les sons musicaux, qui sont intéressants à étudier sous ce rapport. Tout le monde a éprouvé l'effet d'*agacement* produit par certains grincements. Les sensations auditives viennent, sous ce rapport, immédiatement après les sensations tactiles.

### 3° *Du mode d'excitation des terminaisons du nerf auditif.*

Le mode d'action des vibrations du liquide du labyrinthe sur les terminaisons nerveuses est encore peu connu; tout ce que nous savons, c'est qu'il y a là certainement un ébranlement mécanique, une vibration véritable des terminaisons nerveuses, mais le doute commence dès qu'il s'agit de déterminer comment cette vibration peut produire les divers modes de la sensation auditive.

Helmholtz, en se basant sur les phénomènes des sons par influence avait imaginé une hypothèse ingénieuse pour expliquer de quelle façon se produisent dans l'oreille les sensations de hauteur et de timbre. On a vu, à propos des sons par influence, que les corps élastiques ont un son propre correspondant à un nombre déterminé de vibrations. Quand un son voisin du son propre du corps se met à résonner, le corps vibre par influence avec d'autant plus de force que les nombres de vibrations des deux corps sont plus rapprochés. Les extrémités nerveuses du nerf du limaçon aboutissent à environ 3,000 petits arcs élastiques, *fibres de Corti*. Helmholtz suppose que ces fibres de Corti sont chacune accordées pour un son déterminé et forment une série



5° *Audition simultanée de plusieurs sons ; sensations auditives simultanées.*

Jusqu'ici j'ai étudié la sensation auditive en elle-même, étant donnée l'audition d'un seul son ou de plusieurs sons successifs ; il reste à étudier les sensations auditives simultanées. Il est assez difficile de préciser jusqu'à quelle limite les sensations auditives simultanées peuvent être perçues ; la multiplicité de ces sensations peut être portée très-loin sans qu'il y ait confusion, et il n'y a qu'à entendre un orchestre pour voir combien de sensations auditives distinctes peuvent coexister dans l'oreille sans se mélanger ; il peut très-bien se faire aussi que des sensations auditives qui nous paraissent *simultanées* ne soient en effet que *successives*, mais dans un espace de temps infiniment court ; ne suffit-il pas d'une durée de  $\frac{1}{10}$  de seconde pour qu'une excitation auditive fournisse une sensation distincte. Il faut distinguer, dans l'audition simultanée de plusieurs sons, le cas où les sons arrivent à une seule, et celui dans lequel ils arrivent aux deux oreilles. Si les deux sons émis simultanément ont la même hauteur, la même intensité et le même timbre, même pour l'audition avec les deux oreilles, ils résonnent comme un seul son. S'ils diffèrent de hauteur et de timbre, ils sont entendus distinctement tous deux avec les deux oreilles ; avec une seule oreille, au contraire, ils donnent une sensation simple, un son résultant composé par les deux sons primitifs. Ainsi, si on place deux montres dans une main et qu'on les rapproche d'une oreille, on entend un seul tic-tac, quoique les sons des deux montres n'aient pas la même hauteur.

C'est sur la propriété de l'oreille d'être impressionnée simultanément par une grande multiplicité de sons, qu'est basée la partie harmonique de la musique.

**Principes physiologiques de l'harmonie.** — Les principes de l'harmonie musicale peuvent se résumer de la façon suivante, au point de vue physiologique :

On sait que lorsque deux sons ont un nombre de vibrations voisin l'un de l'autre, il se produit des *battements*, et que le nombre de ces battements par seconde égale la différence du nombre de vibrations des deux sons. Si l'un fait 100 vibrations par seconde, l'autre 90, il se



	Ut — 1.	Ut <sub>0</sub> .	Ut <sub>1</sub> .	Ut <sub>2</sub> .	Ut <sub>3</sub> .	Ut <sub>4</sub> .	Ut <sub>5</sub> .	Ut <sub>6</sub> .	Ut <sub>7</sub> .
Ut# . . .	1,375	2,75	5,50	11,0	22	44	88	176	352
Ré <sup>b</sup> . . .	3,9375	7,875	15,75	31,5	63	126	252	504	1008
Ré . . .	4,125	8,25	16,50	33	66	132	264	528	1056
Ré# . . .	5,5	11	22	44	88	176	352	704	1408
Mi <sup>b</sup> . . .	6,6	13,2	26,4	52,8	105,6	211,2	422,4	844,8	1689,6
Mi . . .	8,25	16,5	33	66	132	264	528	1056	2112
Fa <sup>b</sup> . . .	10,3125	20,625	41,25	82,5	165	330	660	1320	2640
Fa . . .	11	22	44	88	176	352	704	1408	2816
Fa# . . .	13	26	52	104	208	416	832	1664	3328
Sol <sup>b</sup> . . .	15,25	30,5	61	122	244	488	976	1952	3904
Sol . . .	16,50	33	66	132	264	528	1056	2112	4224
Sol# . . .	18,5625	37,125	74,25	148,5	297	594	1188	2376	4752
La <sup>b</sup> . . .	19,625	39,25	78,5	157	314	628	1256	2512	5024
La . . .	22	44	88	176	352	704	1408	2816	5632
La# . . .	22,6875	45,375	90,75	181,5	363	726	1452	2904	5808
Si <sup>b</sup> . . .	24,75	49,5	99	198	396	792	1584	3168	6336
Si . . .	24,875	49,75	99,5	199	398	796	1592	3184	6368
Ut . . .	33	66	132	264	528	1056	2112	4224	8448

Chaque colonne verticale du tableau contient les intervalles que les différentes notes de la gamme font avec la tonique, et chaque colonne répond à une octave. On voit, par exemple, que les tierces qui sonnent très-bien dans les régions élevées présentent une certaine dureté dans les octaves inférieures. L'existence de ces battements est fondamentale pour la théorie de l'harmonie.

*Des intervalles.* — Quand deux sons se font entendre simultanément, non-seulement les deux sons fondamentaux, mais encore leurs harmoniques respectifs <sup>(1)</sup> produisent des battements, et si ces battements sont bien marqués, la sensation est intermittente, désagréable et constitue ce que l'on appelle une *dissonance*. Quand les battements sont trop peu marqués pour exercer une action désagréable, il y a *consonnance*. Pour apprécier la consonnance ou la dissonance des divers intervalles, il faut donc avoir égard surtout à la coïncidence des harmoniques des deux sons qui composent l'intervalle ; en effet, les harmoniques coïncidents ne peuvent donner de battements.

Le tableau suivant donne les harmoniques coïncidents pour les principaux intervalles :

Tableau des harmoniques coïncidents.

	Ut.	Ut <sup>1</sup> .	Sol <sup>1</sup> .	Ut <sup>2</sup> .	Mi <sup>2</sup> .	Sol <sup>2</sup> .	Si <sup>2</sup> .	Ut <sup>3</sup> .	Ré <sup>3</sup> .	Mi <sup>3</sup> .
Octave . . . . .	—	ut <sup>1</sup>	—	ut <sup>2</sup>	—	sol <sup>2</sup>	—	ut <sup>3</sup>	—	mi <sup>3</sup>
Douzième . . . . .	—	—	sol <sup>1</sup>	—	—	sol <sup>2</sup>	—	—	ré <sup>3</sup>	—
Quinte . . . . .	sol	—	sol <sup>1</sup>	ré <sup>2</sup>	—	sol <sup>2</sup>	si <sup>2</sup>	—	ré <sup>3</sup>	—
Quarte . . . . .	fa	fa <sup>1</sup>	—	ut <sup>2</sup>	fa <sup>2</sup>	—	la <sup>2</sup>	ut <sup>3</sup>	—	—
Sixte majeure . . . . .	la	la <sup>1</sup>	—	—	mi <sup>2</sup>	—	la <sup>2</sup>	—	ut <sup>3</sup>	mi <sup>3</sup>
Tierce majeure . . . . .	mi	mi <sup>1</sup>	si <sup>1</sup>	—	mi <sup>2</sup>	sol <sup>2</sup>	si <sup>2</sup>	ré <sup>3</sup>	—	mi <sup>3</sup>
Tierce mineure . . . . .	mi <sup>b</sup>	mi <sup>b1</sup>	si <sup>b1</sup>	mi <sup>b2</sup>	—	sol <sup>2</sup>	—	—	—	—

(1) Les sons résultants peuvent faire aussi entendre des battements qui renforcent ceux des harmoniques.





si deux des sons forment une dissonance et donnent des battements sensibles, l'harmonie est détruite.

Les seuls accords consonnants de trois sons sont les suivants, qui sont aussi les plus employés en musique :

ACCORDS.		Ut	Ut <sup>♯</sup> Ré <sup>b</sup>	Ré.	Ré <sup>♯</sup> Mi <sup>b</sup>	Mi.	Fa.	Fa <sup>♯</sup> Sol <sup>b</sup>	Sol.	Sol <sup>♯</sup> La <sup>b</sup>	La.	La <sup>♯</sup> Si <sup>b</sup>	Si.
Majeurs.	Fondamental . . . . .	Ut	—	—	—	Mi	—	—	Sol	—	—	—	—
	De sixte . . . . .	Ut	—	—	—	—	Fa	—	—	—	La	—	—
	De sixte et quarte.	Ut	—	—	Mi <sup>b</sup>	—	—	—	—	La <sup>b</sup>	—	—	—
Mineurs.	Fondamental . . . . .	Ut	—	—	Mi <sup>b</sup>	—	—	—	Sol	—	—	—	—
	De sixte . . . . .	Ut	—	—	—	—	Fa	—	—	La <sup>b</sup>	—	—	—
	De sixte et quarte.	Ut	—	—	—	Mi	—	—	—	—	La	—	—

On peut faire dériver les accords de sixte et de sixte et quarte des deux accords fondamentaux, grâce au renversement suivant, en prenant successivement pour tonique la deuxième et la troisième note de l'accord.

#### Accord majeur.

Accord fondamental. . . . . ut mi sol  
 — de sixte et quarte . . . . . mi sol ut  
 — de sixte . . . . . sol ut mi.

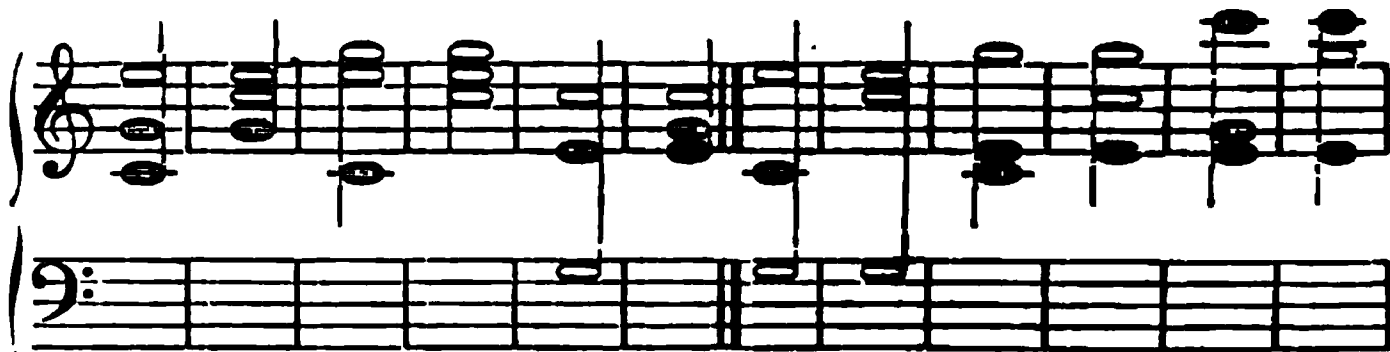
#### Accord mineur.

Accord fondamental. . . . . ut mi<sup>b</sup> sol  
 — de sixte et quarte . . . . . mi<sup>b</sup> sol ut  
 — de sixte . . . . . sol ut mi<sup>b</sup>.

La consonnance des accords dépend : 1° des consonnances parfaites ou imparfaites formées par les intervalles qui les composent ; 2° de la présence des sons résultants dus aux sons fondamentaux ou à leurs premiers harmoniques.

Le tableau suivant, emprunté à Helmholtz, donne les meilleurs renversements des accords de trois sons, soit majeurs, soit mineurs. Dans les accords majeurs, les meilleurs sont ceux dans lesquels les sons résultants restent entièrement compris dans l'accord. Pour les accords mineurs, il y a toujours, même pour les meilleurs, perturbation de l'accord par des accords nouveaux dus aux sons résultants.

#### Accords majeurs.





J'étudiera  
phes, la lun  
commodatic  
la vision bi  
visuelles m  
tection du g

Les sens  
l'action de  
absolue, à t  
de la rétine  
neuse; la lu  
L'étude de l  
que rappelle

La lumière  
neux la dire  
l'éther. Cette  
une vitesse (l  
lumière), et  
infinité de ri

vibrations de l'éther sont transversales, c'est-à-dire perpendiculaires à la direction des rayons lumineux. À la durée, ou ce qui revient au même, au nombre des vibrations correspond une sensation particulière : celle de couleur, qui est pour la sensation lumineuse ce que la hauteur est pour le son. La durée de ces vibrations est infiniment courte, et, par suite, dans une seconde, il y a un nombre considérable de vibrations, et la rétine se comporte avec les vibrations lumineuses comme le nerf acoustique avec les vibrations sonores; au delà et en deçà d'un certain nombre, la rétine n'est plus impressionnée par les vibrations transversales de l'éther; la limite inférieure des vibrations visibles est donnée par le rouge, qui correspond à 435 trillions de vibrations par seconde; la limite supérieure par le violet, qui correspond à 764 trillions de vibrations. Au-dessous de 434 trillions, la rétine n'est plus impressionnable, quoique les vibrations inférieures puissent encore produire de la chaleur (rayons calorifiques); au-dessus de 764 trillions, la rétine est insensible, quoique ces rayons (rayons chimiques) puissent encore impressionner certaines substances (nitrate d'argent). La figure 184 donne les courbes d'intensité correspondantes aux trois espèces de rayons. Le spectre lumineux est compris entre les raies A et H, le spectre ultra-



neux dans l'œil, et quoique ces questions soient traitées dans les ouvrages de physique, j'en résumerai les points principaux dans leurs rapports avec la dioptrique oculaire.

Quand des rayons lumineux rencontrent un nouveau milieu dans lequel la vitesse de la lumière est différente de celle du premier milieu, une partie de ces rayons se *réfléchit*, c'est-à-dire est renvoyée dans le premier milieu; l'autre partie se *réfracte*, c'est-à-dire traverse le second milieu en déviant de sa direction primitive.

**Réflexion de la lumière.** — Les lois de la réflexion de la lumière sur les surfaces planes sont les suivantes :

1° Le rayon incident et le rayon réfléchi sont dans un même plan avec la normale à la surface au point d'incidence ;

2° L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.

Dans les miroirs plans, l'image est virtuelle, symétrique de l'objet et de même grandeur.

Dans les miroirs convexes, l'image est virtuelle, droite et plus petite que l'objet.

Dans les miroirs concaves, il y a plusieurs cas suivant la position de l'objet :

1° L'objet est à l'infini; l'image se produit au foyer principal; elle est réelle et renversée ;

2° L'objet est au delà du centre de courbure ; l'image se forme entre le foyer principal et le centre de courbure; elle est réelle, renversée et plus petite que l'objet ;

3° L'objet est au centre de courbure, l'image est au centre de courbure et coïncide avec l'objet; elle est de même grandeur que lui et renversée ;

4° L'objet est entre le centre de courbure et le foyer principal; l'image se forme au delà du centre de courbure; elle est réelle, renversée et plus grande que l'objet ;

5° L'objet est au foyer principal; les rayons vont à l'infini; il n'y a pas d'image ;

6° L'objet est entre le foyer principal et le sommet du miroir; l'image est virtuelle, droite et plus grande que l'objet.

**Réfraction de la lumière.** — Les lois de la réfraction sont les suivantes :

1° Le rayon incident et le rayon réfracté sont situés dans un même plan avec la normale à la surface au point d'incidence ;

2° Le rapport des sinus de l'angle d'incidence et de l'angle de réfraction est constant pour deux mêmes milieux, et égal au rapport des vitesses de propagation de la lumière dans ces deux milieux.

Ainsi (*fig.* 185, p. 761), le rayon incident *ab* et le rayon réfracté *bf* sont dans le même plan que la normale au point d'incidence *bd*. En outre,



principal  $QQ'$  la ligne qui passe par le centre de figure ou *point principal*  $A$  et le point nodal  $O$ .

Tous les rayons venant de l'infini ou de l'axe principal vont se réunir

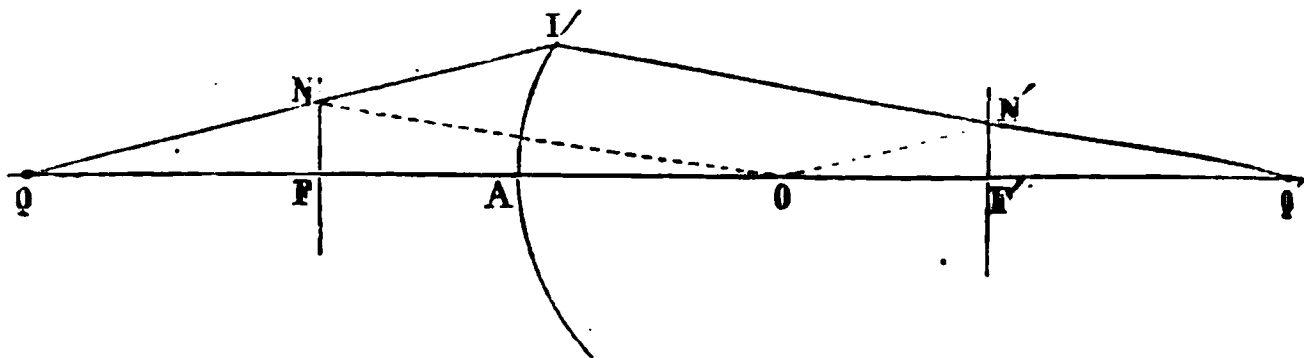


Fig. 186. — Construction d'un rayon réfracté.

et former leur foyer sur l'axe principal, de l'autre côté de la surface de séparation des deux milieux. Tous les rayons parallèles à l'axe principal vont se réunir au point  $F'$ , appelé *foyer principal* ou *point focal postérieur*. Les rayons parallèles venant de l'autre côté de la surface (à droite de la figure) ont leur foyer au point  $F$ , *point focal antérieur*.

On appelle *axe secondaire* toute ligne  $NO$  qui passe par le point nodal; les rayons qui ont cette direction ne subissent aucune déviation. Il y a, par conséquent, une infinité d'axes secondaires. Tous les rayons parallèles aux axes secondaires viennent former leur foyer en un point, *foyer secondaire*, situé sur cet axe secondaire. Tous les foyers secondaires des rayons parallèles se trouvent sensiblement dans un même plan,  $N'F'$ , perpendiculaire à l'axe principal et passant par le foyer postérieur; c'est ce qu'on appelle le *plan focal*; il y a donc deux plans focaux, un *plan focal postérieur*,  $N'F'$ , qui passe par le foyer postérieur  $F'$ , un *plan focal antérieur*,  $NF$ , qui passe par le foyer antérieur  $F$ . On appelle *plan nodal* le plan perpendiculaire à l'axe principal et qui passe par le point nodal  $O$ , *plan principal* le point tangent à la surface au point  $A$ .

**Construction d'un rayon réfracté.** — Ces données une fois connues, il est facile de trouver le rayon réfracté quand on connaît le rayon incident et le foyer principal de la surface réfringente. Soit  $QI$  le rayon incident, il coupe le plan focal antérieur en  $N$ ; on sait que tout rayon lumineux parti d'un point du plan focal antérieur prend en se réfractant une direction parallèle à l'axe secondaire passant par ce point; si on mène cet axe secondaire  $NO$  et qu'on mène de  $I$  une ligne  $IQ'$  parallèle à l'axe secondaire  $NO$ , on a le rayon réfracté cherché. On peut aussi mener l'axe secondaire  $ON'$  parallèle au rayon incident  $QI$ ; en joignant le point d'incidence  $I$ , au point  $N'$ , où l'axe secondaire coupe le plan focal postérieur, on a le rayon réfracté  $IN'Q'$ .

**Construction de l'image d'un point.** — Pour avoir l'image d'un point, il suffit de mener de ce point deux rayons incidents quelconques.



Soit un point  $P$  (fig. 187); on mène de ce point : 1° l'axe secondaire  $PO$  passant par  $O$  sans subir de déviation; 2° un rayon  $PI$  parallèle à l'axe principal; d'après ce qui a été dit tout à l'heure, le rayon réfracté pas-

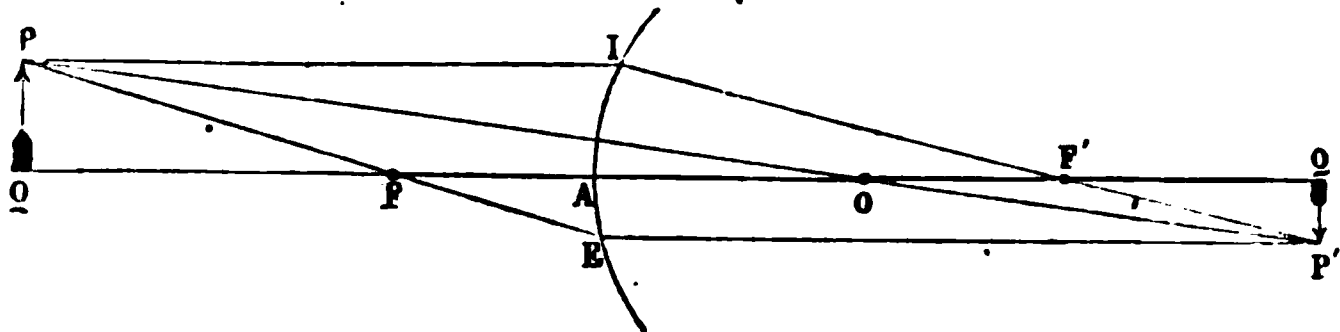


Fig. 187. — Construction de l'image d'un objet.

sera par le foyer postérieur  $F'$  et il n'y aura qu'à le prolonger jusqu'à ce qu'il rencontre l'axe secondaire  $PO$ ; le point de rencontre  $P'$  sera l'image du point  $P$ .

On peut aussi mener : 1° le rayon incident  $PI$ , parallèle à l'axe principal; 2° le rayon incident  $PFE$ , passant par le foyer principal antérieur; ce rayon, après la réfraction, marche parallèlement à l'axe principal suivant  $EP'$  et coupe le rayon réfracté  $IF'$  en  $P'$ .

On trouvera ainsi successivement l'image des différents points d'un objet. L'image de l'objet sera renversée.

2° *Réfraction de la lumière dans le cas d'un système de plusieurs milieux réfringents (système dioptrique centré).* — Quand, au lieu de deux milieux séparés par une surface réfringente, on a affaire à un système de plusieurs milieux, la construction du rayon réfracté s'obtient facilement d'après les mêmes principes si les surfaces sont bien centrées, c'est-à-dire si leurs centres de courbure se trouvent sur une même droite ou *axe*.

Tout système dioptrique centré peut être remplacé par un système

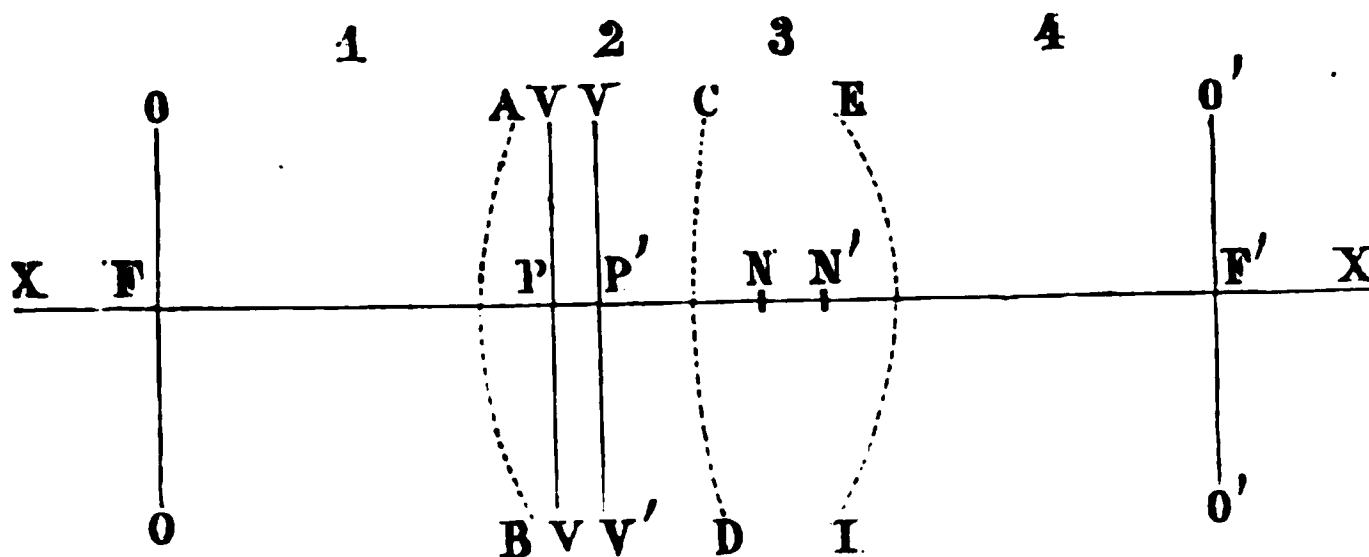


Fig. 188. — Système dioptrique centré.

de six points cardinaux (constantes optiques de Gauss). Soit, par exemple (fig. 188), un système composé de quatre milieux réfringents.

1, 2, 3, 4, séparés par les surfaces sphériques AB, CD, EI, dont les centres se trouvent sur l'axe XX. On pourrait, pour chaque milieu, étant connus l'indice de réfraction, la courbure de la surface et la direction du rayon incident, construire successivement le rayon réfracté; mais on simplifie la construction par l'admission des six points cardinaux. Ces points sont :

1° Deux points focaux, FF', point focal antérieur F et point focal postérieur F'; ils ont pour propriété que tous les rayons qui partent du point focal antérieur sortent parallèles à l'axe, et que tous les rayons parallèles vont former leur foyer au point focal postérieur. On appelle plans focaux antérieur et postérieur, OO, O'O', des plans passant par les points focaux et perpendiculaires à l'axe XX; tous les rayons qui partent d'un point d'un plan focal sortent parallèles entre eux.

2° Deux points principaux, PP', et deux plans principaux, VV, V'V', qui représentent les deux surfaces de séparation idéales des milieux transparents. Tout rayon incident qui passe par le premier point principal sort par le deuxième, et tout rayon qui passe par un point du premier plan principal sort par le point correspondant du deuxième à la même distance de l'axe. C'est ce qu'on exprime en disant que le deuxième plan principal est l'image optique du premier.

On appelle *longueur focale antérieure* =  $f$ , la distance FP du point focal antérieur F au premier point principal P; *longueur focale postérieure* =  $f'$ , la distance F'P' du point focal postérieur F' au deuxième point principal P'.

3° Deux points nodaux, NN', qui répondent aux centres optiques des surfaces VV, V'V', et jouissent de cette propriété que les rayons qui passent par le premier point nodal passent aussi par le deuxième, et que les directions du rayon incident et du rayon réfracté sont parallèles. La distance des deux points nodaux NN' égale celle des deux points principaux.

Quand, dans un système de plusieurs milieux réfringents, le premier et le dernier milieu ont le même indice de réfraction, les points nodaux coïncident avec les points principaux, et les longueurs focales  $f$  et  $f'$  sont égales.

Quand un système de milieux réfringents est ainsi ramené à un système de six points cardinaux, il est facile de construire la marche du rayon réfracté.

**Construction du rayon réfracté.** — Soit (fig. 189, page 765) un rayon incident AB; du point B, on mène une parallèle à l'axe XX, parallèle qui coupe le deuxième plan principal V'V' en C; c'est comme si le rayon AB tombait directement en C sur ce plan principal; puis on mène par le deuxième point nodal N' une droite, N'D, parallèle au rayon incident AB; cette droite coupe le plan focal postérieur en D; en joignant D à C on a la direction du rayon réfracté CD. On peut encore y arriver en menant

du point focal antérieur  $F$  une droite,  $FI$ , parallèle à  $AB$ ; du point  $I$ , où elle coupe le premier plan principal  $VV'$ , on mène une parallèle à

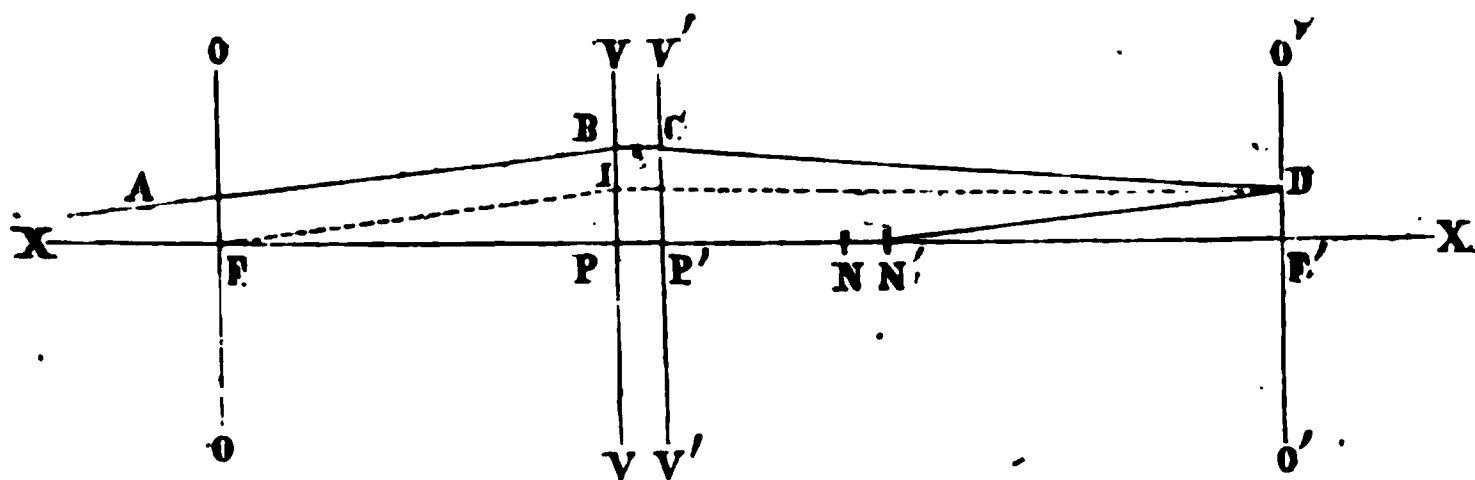


Fig. 189. — Construction d'un rayon réfracté.

l'axe  $ID$ ; en joignant le point  $D$ , où cette parallèle rencontre le plan focal postérieur à  $C$ , on a la direction du rayon réfracté.

**Construction de l'image d'un point.** — Soit (fig. 190) l'objet  $AB$ ;

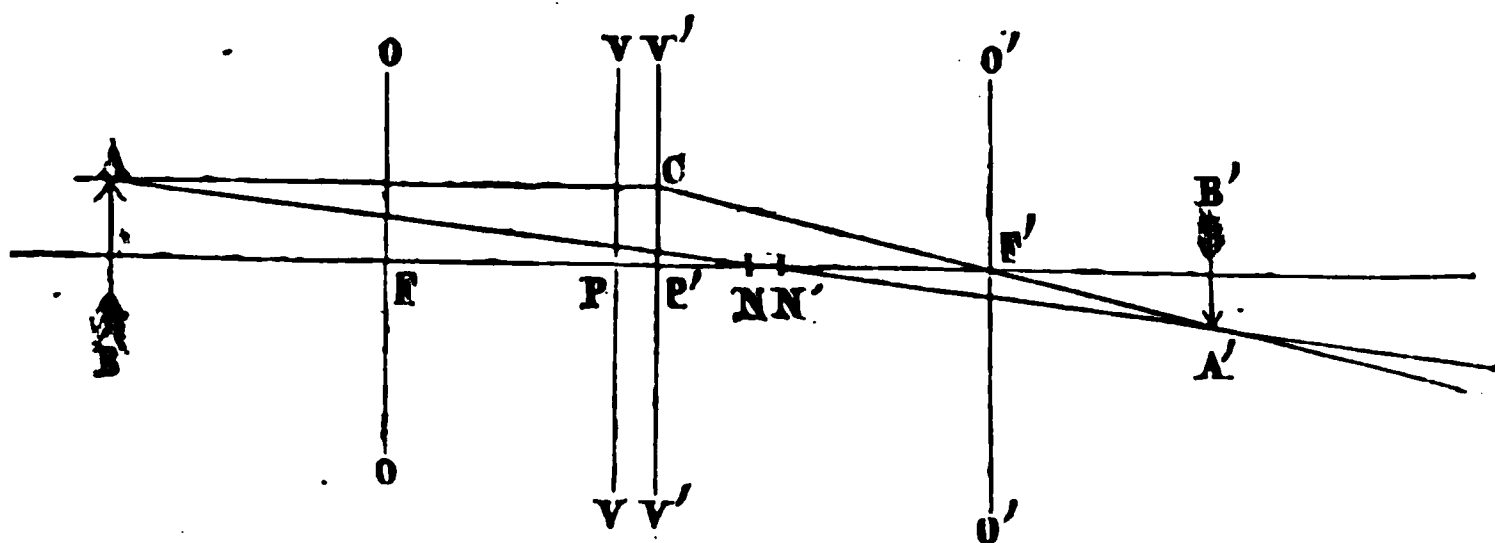


Fig. 190. — Construction de l'image d'un point.

pour avoir l'image du point  $A$ , il suffit de connaître le trajet de deux rayons partant de ce point.

1° On mène un premier rayon,  $AC$ , parallèle à l'axe; il coupe le deuxième point principal en  $C$ ; de là, comme rayon parallèle à l'axe, il passe par le foyer postérieur  $F'$  et prendra la direction  $CF'A'$ !

2° On mène un second rayon dans la direction du premier point nodal  $N$ , et on mène par le deuxième point nodal  $N'$  une ligne,  $N'A'$ , parallèle à  $AN$  et qui sera la direction du second rayon réfracté; cette ligne coupe la ligne  $CF'A'$  en un point  $A'$ , qui sera le foyer ou l'image du point  $A$ . On trouvera de même l'image du point  $B$ . L'image de  $AB$  est réelle et renversée.

Les rapports de l'objet et de l'image sont donnés par la formule suivante :  $l = \frac{O f'}{O - f}$  où  $l$  désigne la distance de l'image du deuxième



loppe, est formé par une série de couches concentriques dont l'indice de réfraction est différent, mais on peut le remplacer

Fig. 191. — Œil schématisé (coupe transversale).

dans l'œil idéal par une lentille *homogène* d'un indice de réfraction qui produirait le même effet total. Il ne reste donc qu'à connaître les rayons de courbure de la face antérieure de la cornée et des deux faces du cristallin, et les indices de réfraction de l'humeur aqueuse, du cristallin et du corps vitré. Ces valeurs sont les suivantes :

*Rayons de courbure.*

Cornée; face antérieure. . . . .	8 millimètres.
Cristallin; face antérieure . . . .	10 —
Cristallin; face postérieure. . . .	6 —

Fig. 191. — (Grossissement = 2). — A, sommet de la cornée. — SC, sclérotique. — S, œil de Schieman. — CH, choroïde. — I, iris. — M, muscle ciliaire. — R, rétine. — N, nerf optique. — HA, humeur aqueuse. — L, cristallin (la ligne pointillée indique sa forme pendant l'accommodation). — HV, humeur vitrée. — DN, muscle droit interne. — DE, muscle droit externe.

YY', axe optique principal. —  $\phi^1\phi^2$ , axe visuel, faisant un angle de  $5^\circ$  avec l'axe optique. — C, centre de figure du globe oculaire.

Points cardinaux d'après Listing. —  $H^1H^2$ , points principaux. —  $K_1K_2$ , points nodaux. —  $F^1F^2$ , foyers principaux (ce sont ces points cardinaux qui sont adoptés dans ce livre).

Constantes dioptriques d'après Giraud-Toulon. — H, points principaux fusionnés. —  $\phi^1\phi^2$ , foyers principaux pendant la repos de l'accommodation. —  $\phi'^1\phi'^2$ , foyers principaux pendant le maximum d'accommodation. — O, points nodaux fusionnés.

*Indices de réfraction :*

Humeur aqueuse . . . . .	$\frac{103}{77} = 1,3379$
Cristallin . . . . .	$\frac{16}{11} = 1,4545$
Corps vitré . . . . .	$\frac{103}{77} = 1,3379$

Ces données une fois connues, on trouve les positions suivantes pour les six points cardinaux de l'œil idéal (*fig. 191*, page 767). Les chiffres indiquent, en millimètres, leurs distances respectives du sommet de la cornée :

Premier point principal . . . . .	H <sup>1</sup>	2,1746	} différence . . . . .	0,3978
Deuxième — . . . . .	H <sup>2</sup>	2,5724		
Premier point nodal . . . . .	K <sup>1</sup>	7,2420	} différence . . . . .	0,3978
Deuxième — . . . . .	K <sup>2</sup>	7,6398		
Foyer principal antérieur . . . . .	F <sup>1</sup>	12,8326		
Foyer principal postérieur . . . . .	F <sup>2</sup>	22,6470		
Longueur focale antérieure . . . . .	F <sup>1</sup> H <sup>1</sup>	15,0072		
Longueur focale postérieure . . . . .	F <sup>2</sup> H <sup>2</sup>	20,0746		

**Œil réduit.** — On peut simplifier encore plus l'œil idéal tout en restant dans une approximation suffisante. En effet, les deux points principaux, n'étant qu'à une distance de 0<sup>mm</sup>,3978 l'un de l'autre, peuvent être identifiés, et il en est de même des deux points nodaux. On peut alors substituer à l'œil schématique ce qu'on appelle l'*œil réduit*, dans lequel le point principal est à 2 millimètres (2<sup>mm</sup>,3448) en arrière de la cornée, et le point nodal à 7 millimètres (7<sup>mm</sup>,4969) et dont les longueurs focales sont : l'antérieure, 15 millimètres, et la postérieure, 20 millimètres. La surface réfringente, de 5 millimètres de rayon, est placée à 3 millimètres en arrière de la cornée, et l'indice de réfraction du milieu réfringent égale celui de l'humeur aqueuse

$= \frac{103}{77} = \frac{4}{3}$ . On peut appliquer ainsi à l'œil réduit toutes les lois qui régissent la réfraction à travers une seule surface réfringente.

**Mesure de l'indice de réfraction et des rayons de courbure des milieux réfringents de l'œil.** — Pour mesurer les courbures de la cornée et du cristallin, Helmholtz a imaginé un instrument, l'*ophthalmo-*



















fait encore au foyer principal postérieur, c'est-à-dire sur la rétine, tant qu'il existe entre lui et l'œil une certaine distance, jusqu'à vingt mètres environ; mais quand cette distance diminue, le foyer des rayons se fait en arrière de cette membrane, en supposant que les conditions optiques de l'œil restent les mêmes. Dans ce cas, l'image rétinienne n'est plus nette (voir : *Cercles de diffusion*).

Si le point, au lieu d'être situé sur l'axe optique, est situé sur un des axes secondaires, la construction est la même; l'image du point est toujours située sur la rétine, et pour avoir l'élément de cette membrane impressionné, il suffit de mener du point lumineux une ligne passant par le point nodal. On voit que, dans ce cas, si le point lumineux est placé au-dessus de l'axe optique, son foyer sur la rétine sera placé au-dessous (fig. 195, Aa, Bb); si le point est à gauche de l'axe optique, l'image sera à droite sur la rétine; c'est ce qu'on appelle le *renversement de l'image rétinienne*.

Avec ces données, on trouvera facilement l'image d'un objet. Il n'y a qu'à joindre chacun des points de l'objet (ou ses deux

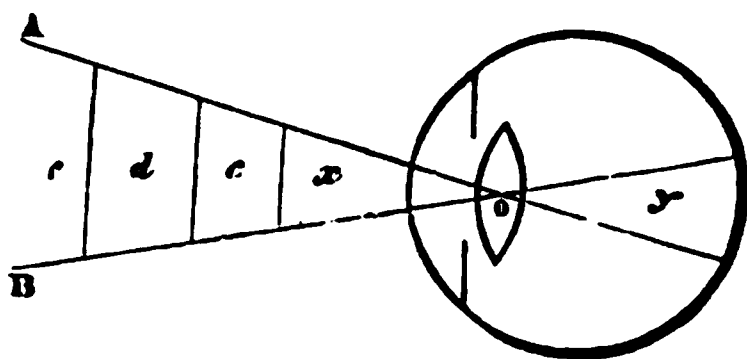


Fig. 195. — Angle visuel..

extrémités) au point nodal et à prolonger les lignes de direction jusqu'à la rétine.

L'angle  $x$  (fig. 195), compris entre les deux lignes de direction extrêmes, est l'angle sous lequel est vu l'objet ou *angle visuel*<sup>(1)</sup>.

(<sup>1</sup>) C'est là la définition la plus commune de l'angle visuel; mais Helmholtz a montré que pour les objets rapprochés la valeur de l'angle visuel ainsi compris n'est plus exacte. Le sommet de l'angle visuel se trouve alors au point d'intersection des *lignes de visée*, c'est-à-dire à 0mm,5 en arrière du centre de la pupille (centre de l'image cornéenne de la pupille), et en avant du point nodal. La *ligne de visée*, qu'il ne faut pas confondre avec la ligne de direction; est la ligne qui passe par le centre de la tache jaune, le centre de l'image pupillaire et un point de l'espace. Quand deux points de l'espace sont fixés *l'un après l'autre*, le sommet de l'angle visuel qu'ils interceptent se trouve au centre de rotation de l'œil.





une distance  $d$ . Jæger, Giraud-Teulon, Snellen, etc., ont dressé dans ce but des échelles de caractères typographiques; les chiffres placés au-dessus des caractères donnent en pieds de Paris la distance  $D$ , à laquelle un œil normal les distingue sous un angle de 5 minutes.

L'acuité de la vision,  $A$ , est exprimée par la formule :  $A = \frac{d}{D}$ . Quand  $d = D$ , on considère l'acuité de la vue comme normale.

Voici quelques spécimens de caractères de ces échelles typographiques :

III.

C E O L N P R T V Z B D 3

II.

V Z B D F H K O S U

VI.

N P R T V Z B D F H K O 6

XV.

S U Y A C E G 12

D'après ce qui vient d'être dit, les caractères de l'image rétinienne sont donc les suivants :

- 1° Elle est renversée;
- 2° Elle est nette quand les différents points de l'objet forment leur foyer exactement à la rétine;
- 3° Sa grandeur dépend de l'angle visuel.

## 2° Images de diffusion sur la rétine.

Quand les rayons partant de l'objet ou du point lumineux ne viennent pas former leur foyer exactement à la rétine, l'image

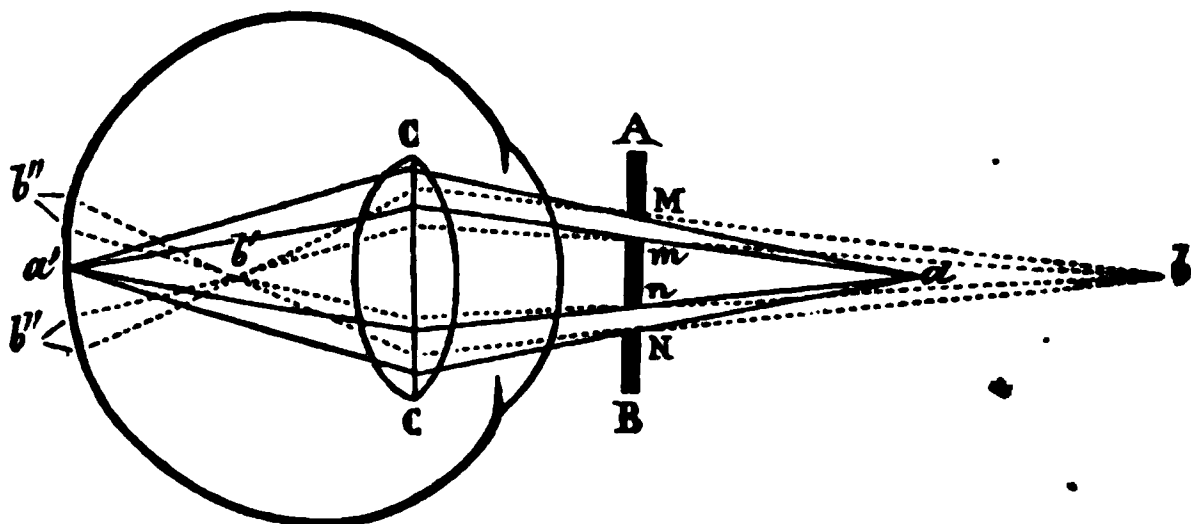


pouvons voir distinctement en même temps des objets situés à des distances différentes de l'œil.

On peut étudier facilement les cercles de diffusion en se servant d'une lentille biconvexe par laquelle les rayons partis d'un point lumineux (flamme) sont rassemblés sur un écran qui représente la rétine et dont on peut faire varier la distance ; l'iris est remplacé par un diaphragme percé d'un trou dont on fait varier la forme et la grandeur et qui se place en avant de la lentille.

En se plaçant dans certaines conditions, les images de diffusion peuvent acquérir assez de netteté pour devenir facilement distinctes ; c'est ce que prouvent les expériences de Scheiner et de Mile.

**Expérience de Scheiner.** — On perce dans une carte deux trous plus rapprochés que le diamètre de la pupille, et on regarde avec un œil, par ces deux trous, une épingle placée verticalement si les deux trous sont à côté l'un de l'autre, horizontalement si les deux trous sont au-dessus l'un de l'autre. Soit l'épingle en *a* (*fig. 197*) ; si on



*Fig. 197.* — Expérience de Scheiner.

la fixe, elle paraît simple, son image allant se faire en *a'* sur la rétine. Mais si l'on fixe un objet plus rapproché ou, ce qui revient au même, si on l'éloigne de l'œil et qu'on la place en *b*, l'épingle paraît double. Il en est de même si on la rapproche de l'œil en deçà de *a*. Dans cette expérience, si l'œil ne s'accommode pas (voir : *Accommodation*) pour faire coïncider sur la rétine les rayons *b''*, *b'''*, c'est que ces rayons donnent des images nettes, à cause de la minceur des pinceaux lumineux et qu'on ne sent pas le besoin d'accommoder.

On peut répéter l'expérience avec une lentille de verre et un écran (*fig. 198*, p. 777). La lentille *C* remplace l'œil, les écrans *D*, *E*, *F*, la rétine. *E* correspond à l'accommodation exacte pour le point *a*, la position *F* à l'accommodation pour un objet plus éloigné, la position *D* pour un objet plus rapproché. Si dans cette expérience on bouche le trou supérieur







A. *Aberration transversale de sphéricité* (fig. 202). — Soit une surface réfringente sphérique IAK ; si on mène une série de plans coupant per-

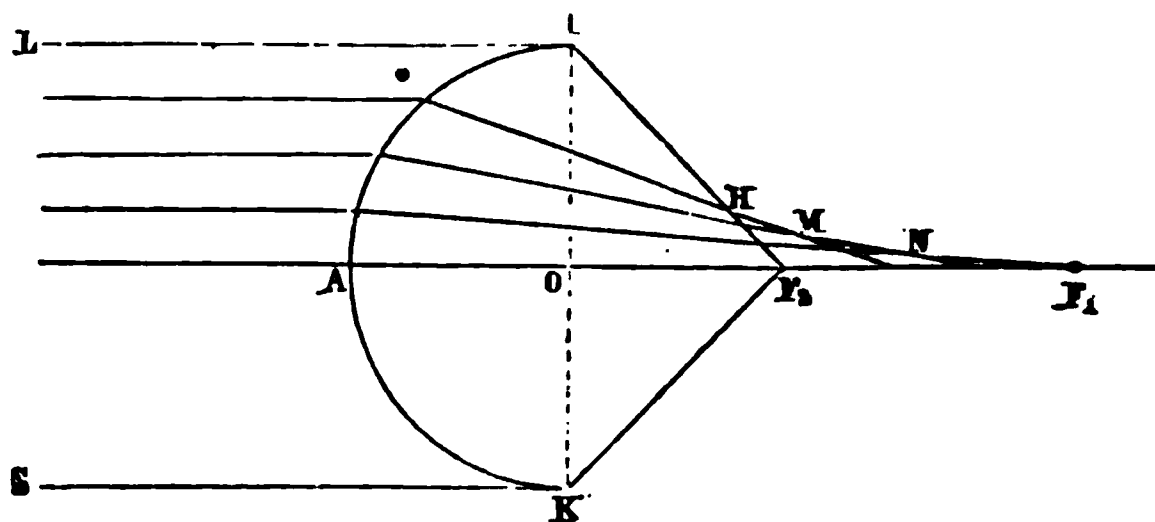


Fig. 202. — Aberration de sphéricité.

pendiculairement à l'axe le système réfringent, chacun de ces plans coupera la surface réfringente suivant une circonférence perpendiculaire à l'axe. Tous les rayons lumineux qui aboutissent d'un point de cette circonférence feront leur foyer sur un même point de l'axe principal  $F_2$ , par exemple, pour la circonférence déterminée par le plan sécant IK. Pour les circonférences plus rapprochées du sommet A de la surface réfringente, le foyer se fera plus loin, jusqu'en  $F_1$ . On aura donc, pour le système des circonférences perpendiculaires à l'axe, une série de foyers disposés sur une ligne ; la *caustique* sera linéaire et placée sur l'axe.

B. *Aberration longitudinale de sphéricité*. — Pas plus que les rayons provenant des différentes circonférences, les rayons provenant d'un même méridien ne forment leur foyer en un seul point. Soit le méridien IAK (fig. 202) ; les rayons réfractés dans ce méridien se coupent en H, M, N, etc., suivant une ligne courbe, et le système des courbes focales ainsi formées par les divers méridiens représente une *surface caustique de réfraction* dont la forme rappelle celle d'un pavillon de cor (*astigmatisme irrégulier*).

L'aberration longitudinale existe non-seulement pour les divers points d'un même méridien, mais encore pour les différents méridiens les uns par rapport aux autres. C'est à cette aberration de sphéricité de l'œil que correspond ce qu'on a appelé l'*astigmatisme régulier de l'œil*. (Th. Young.)

Enfin, ce qui complique encore l'aberration de sphéricité de l'œil et l'astigmatisme, c'est que les courbures du cristallin ne sont pas exactement centrées avec celles de la cornée.

L'œil présente donc à la fois aberration transversale de sphéricité, astigmatisme irrégulier et astigmatisme régulier.

L'aberration transversale de sphéricité et l'astigmatisme irrégulier























l'une est nette, l'autre est trouble; c'est qu'en effet l'une des deux forme toujours sur la rétine une image de diffusion. De même si l'on place une gaze devant un livre, on ne peut voir nettement à la fois la gaze et les lettres de la page.

L'œil emmétrope est naturellement disposé pour la vision à l'infini; cette vision se fait sans fatigue, tandis que la vision des objets rapprochés s'accompagne d'une sensation d'effort. Si, après avoir longtemps fermé les yeux, nous les ouvrons subitement, nous ne voyons distinctement dans le premier moment que les objets éloignés; enfin, dernière preuve de la disposition de l'œil emmétrope pour les objets éloignés, si on paralyse l'appareil de l'accommodation par l'instillation d'atropine dans l'œil, les objets éloignés sont seuls vus nettement.

Les rayons parallèles venant de l'infini ne sont pas les seuls qui fassent leur foyer à la rétine; jusqu'à 65 mètres environ, les rayons qui partent des objets peuvent être considérés comme parallèles et la vision de ces objets est nette sans qu'il y ait besoin d'accommodation.

Mais à partir de cette distance de 65 mètres (voir le tableau de Listing, page 789), l'appareil d'accommodation doit intervenir et l'effort d'adaptation est d'autant plus énergique que la distance des objets à l'œil se rapproche. Enfin il arrive un moment où l'effort d'accommodation a atteint son maximum; on a alors la limite de visibilité des objets rapprochés; c'est le *punctum proximum* de la vision distincte. Plus près de l'œil, la vision est trouble, le foyer ne peut plus se faire à la rétine, et il se forme des cercles de diffusion. Ce *punctum proximum* de la vision distincte, qui correspond au maximum d'accommodation, doit être apprécié en prenant comme objet un point lumineux, sans cela le *punctum proximum* varierait avec la grandeur de l'objet. En général, il se trouve à 12 centimètres de l'œil. (Pour la mesure du *punctum proximum*, voir : *Optométrie*.)

Le *punctum remotum* correspond donc au repos de l'accommodation et au minimum de pouvoir réfringent de l'œil, le *punctum proximum* au maximum de l'accommodation et au maximum de pouvoir réfringent de l'œil. On a appelé *latitude d'accommodation* la distance entre le *punctum remotum* R et le *punctum proximum* P;  $L = R - P$ .

La puissance d'accommodation a pour mesure le pouvoir réfringent d'une lentille qui produirait le même effet que le







Pour démontrer ce changement de courbure du cristallin, on s'est servi des images de Purkinje, déjà étudiées à propos de la mensuration des courbures de l'œil (voir page 770). Si on mesure à l'ophthalmomètre les trois images dans un œil qui regarde un objet très-éloigné et qu'on les mesure ensuite en faisant regarder un objet très-rapproché sans changer la direction du regard, on voit que l'image cornéenne ne se modifie pas, que l'image de la face antérieure du cristallin devient plus petite, plus nette et se rapproche de la précédente, enfin que l'image de la face postérieure du cristallin devient un peu plus petite; donc, la courbure de la cornée ne change pas; celle de la face antérieure du cristallin augmente; celle de sa face postérieure augmente aussi, mais d'une très-faible quantité (*fig.* 208).

*Fig.* 208. — Mécanisme de l'accommodation.

Les phénomènes qui accompagnent l'accommodation sont les suivants :

*Fig.* 208. — A, œil accommodé pour la vision des objets rapprochés. — B, œil dans la vision des objets éloignés. — 1, substance propre de la cornée. — 2, épithélium antérieur de la cornée. — 3, lampe élastique antérieure. — 4, membrane de Demours. — 5, ligament pectiné. — 6, canal de Fontana. — 7, sclérotique. — 8, choroïde. — 9, rétine. — 10, procès ciliaires. — 11, muscle ciliaire. — 12, ses fibres orbiculaires. — 13, iris. — 14, uvée. — 15, ora serrata. — 16, partie antérieure de la rétine se prolongeant sur les procès ciliaires. — 17, hyaloïde. — 18, division de l'hyaloïde en deux feuillets. — 19, feuillet antérieur de l'hyaloïde en sonde de Zinn, dans sa partie soudée aux procès ciliaires. — 20, le même, dans sa partie libre. — 21, feuillet postérieur de l'hyaloïde. — 22, canal de Petit. — 23, cristallin pendant l'accommodation. — 24, cristallin dans la vue des objets éloignés.









*Les nerfs moteurs* de l'iris viennent du moteur oculaire commun et du grand sympathique.

Le *nerf moteur oculaire commun* innerve le sphincter de la pupille, son excitation rétrécit la pupille; après sa section, la pupille se dilate et ne peut plus se rétrécir sous l'influence de la lumière. A l'état physiologique, la contraction de la pupille a lieu par action réflexe, à la suite d'une excitation transmise par le nerf optique; l'excitation chimique, mécanique, etc., du nerf optique ou de son bout central, quand il a été coupé, produit le rétrécissement pupillaire; par contre, la section du nerf optique entre l'œil et le chiasma dilate la pupille du même côté. Quand la section est faite en arrière du chiasma, sur la bandelette optique, c'est la pupille du côté opposé qui se dilate chez le lapin, chez lequel le croisement des bandelettes optiques au chiasma est complet; chez l'homme, il n'en est plus de même, l'entre-croisement n'étant que partiel; aussi, dans les cas de tumeurs comprimant une bandelette optique, la dilatation pupillaire existe des deux côtés. Le centre nerveux, qui transmet l'excitation du nerf optique au moteur oculaire commun, est encore indéterminé; l'extirpation de la couche optique est sans influence sur la réaction de la pupille à la lumière. Flourens place ce centre dans les tubercules quadrijumeaux antérieurs; après leur extirpation, la pupille reste immobile; chez le lapin, la section de la moitié interne du tubercule quadrijumeau antérieur (d'où naît la bandelette optique) est suivie de la dilatation et de l'immobilité de la pupille. (Knoll.)

Le *sympathique* innerve les fibres radiées de l'iris; son excitation dilate la pupille (Valentin, Biffi), sa section la rétrécit (Petit). Les fibres dilatatrices viennent de la partie inférieure de la moelle cervicale et de la partie supérieure de la moelle dorsale; en effet, l'excitation des cordons antérieurs de ces régions amène un élargissement de la pupille, qui se rétrécit après leur destruction. Cependant, d'après Knoll, le centre dilatateur de la pupille devrait être placé plus haut, dans les tubercules quadrijumeaux antérieurs; leur excitation élargit, en effet, la pupille des deux côtés et surtout du côté excité, et cette dilatation ne se produit pas quand les sympathiques ont été coupés. En tout cas, ces fibres dilatatrices passent de la moelle, par les racines antérieures, dans les *rami communicantes* et, de là, remontent par le cordon cervical du grand sympathique.

Le *trijumeau* a aussi une action (indirecte?) sur la grandeur de la pupille. L'excitation de la branche ophthalmique ou du ganglion de Gasser dilate la pupille; leur destruction produit l'effet inverse (Magen-die). Ces fibres dilatatrices ne sont probablement que des fibres *vasomotrices* et naissent dans le ganglion même, car la section du trijumeau avant le ganglion de Gasser ne modifie pas le diamètre de la pupille (voir *trijumeau*).

Le trijumeau fournit aussi les *nerfs de sensibilité* de l'iris.



des efforts, etc., produisent des apparitions lumineuses variables. Quelquefois même, et sans qu'on puisse les rattacher à ces causes, le champ visuel est parcouru par des images fantastiques; ces fantômes lumineux se montreraient surtout quand on reste longtemps dans l'obscurité ou que, les yeux fermés, on fixe le champ visuel obscur; quelques observateurs peuvent même les évoquer à volonté (Goethe, J. Müller). Il n'est pas douteux que ces phénomènes physiologiques n'aient été souvent le point de départ de bien des histoires d'apparitions et de fantômes.

**Lumière propre de la rétine; chaos lumineux.** — Le champ visuel n'est jamais absolument noir; il présente toujours des alternances rythmiques d'éclaircissement et d'obscurcissement isochrones aux mouvements respiratoires, d'après J. Müller; d'autres fois, ce sont des images lumineuses variables, des bandes, des cercles, des feuillages, etc., qui se montrent sur un champ faiblement éclairé.

Toutes ces apparences lumineuses subjectives ne dépendent pas exclusivement de la rétine et il en est certainement qui sont de cause cérébrale, car elles peuvent persister après l'ablation des deux yeux.

## 2° *De l'excitabilité rétinienne.*

La rétine ne présente pas dans toutes ses parties la même excitabilité à la lumière. A ce point de vue on peut la diviser en trois régions: une région complètement inexcitable qui correspond à la papille du nerf optique, une région où la vision est nette, tache jaune et fosse centrale, et une région périphérique où l'excitabilité diminue depuis la tache jaune jusqu'à l'*ora serrata*.

**A. PAPILLE DU NERF OPTIQUE; PUNCTUM COECUM.** — De même que les fibres du nerf optique, la papille du nerf optique n'est pas impressionnable à la lumière. Ce fait a été démontré pour la première fois par Mariotte, en 1668. Si on ferme l'œil gauche, et qu'on fixe avec l'œil droit la croix blanche de la figure 209, on voit, en approchant ou en éloignant la figure de l'œil, qu'à une certaine distance (30 centimètres environ) le cercle blanc disparaît complètement, et le fond noir paraît continu; tous les objets, colorés ou non colorés, qu'on place sur le cercle blanc disparaissent de la même façon. Il faut seulement avoir bien soin, pendant tout le temps de l'expérience, de tenir le regard fixé sur la croix blanche.

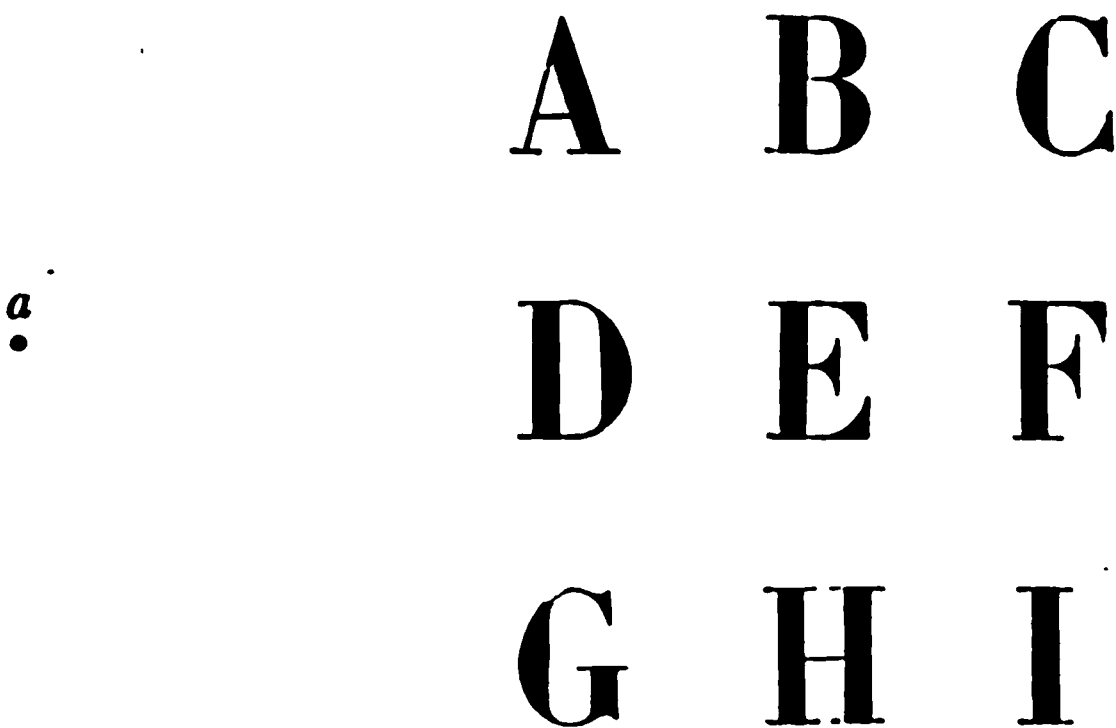
Il y a donc, en dehors du point fixé, une lacune dans le champ





tandis que la tache aveugle ne peut être démontrée que par des résultats négatifs et n'est pas visible immédiatement. En effet, pour la constater, nous observons quels sont les derniers objets que nous pouvons encore voir, et c'est ensuite en reconnaissant que ces objets ne se touchent pas dans l'espace que nous sommes amenés à reconnaître l'existence d'une lacune, sa position dans le champ visuel et sa grandeur.

Une dernière question se présente. La lacune, ainsi comblée, a-t-elle la grandeur de la lacune réelle? Les observateurs sont arrivés sur ce sujet à des résultats qui ne s'accordent pas. Pour quelques-uns, une ligne droite, dont le milieu traverse la lacune, paraît raccourcie; d'autres la voient dans sa longueur véritable. Ces différences sont surtout nettes dans l'expérience suivante de Volkmann (*Fig. 210*): On donne à neuf lettres la disposition qu'elles ont dans la figure et on fixe le point *a* avec l'œil droit à 20 centimètres de distance; E se trouve alors dans la lacune et disparaît. Or sur ce dessin, pour quelques observateurs, les lettres restantes forment les côtés rectilignes d'un carré, le milieu du carré restant vide; pour d'autres, au contraire, les lettres restantes qui forment le milieu de chaque côté paraissent se rapprocher de la lacune, et on voit quatre arcs, ABC, CFI, IHG, GDA, dont la convexité est dirigée vers le centre.



*Fig. 210. — Expérience de Volkmann.*

**Expériences diverses sur le punctum cæcum.** — On peut varier de différentes façons l'expérience de Mariotte. Cette expérience peut réussir avec les deux yeux ouverts (Picard); on fixe un papier au mur, on se place à une distance d'environ 20 pieds, et on fait converger les deux yeux vers le doigt, tenu à une distance telle que, dans les deux yeux, l'image du papier vienne se peindre sur le *punctum cæcum*; alors cet objet disparaît absolument, tandis que, dans ces conditions et avec un point de fixation un peu différent, il paraît double. On peut faire







il est plus difficile de savoir comment la lumière agit sur ces éléments.

Pour comprendre les hypothèses émises sur ce sujet, il est nécessaire de connaître l'histologie de la rétine et spécialement celle des cônes et des bâtonnets (<sup>1</sup>). Je ne ferai que rappeler les points essentiels pour la physiologie.

Les cônes et les bâtonnets sont constitués par un *article interne* qui se continue avec les fibres nerveuses du nerf optique par l'intermédiaire des fibres des cônes et des bâtonnets (fibres de Müller), et par un *article externe* appliqué contre la choroïde. Pour arriver à l'article externe, la lumière doit donc traverser l'article interne. L'article interne se compose de fibrilles très-fines; l'article externe est constitué par une série de petites plaques transversales superposées, tout à fait comparable à une pile de lames de verre; ces plaques sont transparentes, ont toutes à peu près la même épaisseur, mais peuvent posséder un indice de réfraction différent; leur nombre varie suivant la longueur de l'article externe. Le mode d'union de l'article interne et de l'article externe est encore indéterminé, et il est impossible de dire si les fibrilles de l'article interne se continuent avec les plaques de l'article externe; mais ce qui semblerait infirmer cette hypothèse, c'est que chez certains animaux (oiseaux, reptiles), le lieu d'union des deux articles est occupé par un globule incolore ou coloré, qui occupe toute l'épaisseur du cône et doit très-probablement interrompre la continuité entre les deux articles. Quand ces globules colorés existent, la lumière ne peut arriver dans l'article externe sans les traverser, et dans ce passage certains rayons sont absorbés suivant la couleur du globule; ces globules, qui paraissent de nature grasseuse, sont, en général, rouges ou jaunes, fortement réfringents, et doivent en outre, par leur nombre même et leur pouvoir réfringent, exercer une certaine influence sur la marche des rayons lumineux. Dans certains cas, ces globules manquent et sont remplacés par des corpuscules réfringents, analogues à de véritables lentilles. Chez l'homme, ces globules colorés n'existent pas, mais toute la région de la tache jaune et de la fosse centrale est occupée par un pigment jaune diffus qui forme une couche continue en avant des cônes et absorbe au passage une partie des rayons violets et bleus du spectre. En outre, dans les parties périphériques de la rétine, la couche des vaisseaux capillaires et des globules sanguins de la rétine produit le même effet sur les éléments impressionnables de cette membrane. (M. Schultze.)

Quel est maintenant des deux articles celui qui est impressionné par la lumière? L'article externe, par sa disposition lamellaire, paraît très-

---

(<sup>1</sup>) Voir Beaunis et Bouchard : *Anatomie*, 2<sup>e</sup> éd., page 922.







ligne comme absolument noir. On peut arriver ainsi à constater des différences d'intensité de  $1/150^e$ . (Helmholtz, *Optique physiologique*. p. 417.)

### 5° *Caractères de l'excitation rétinienne.*

**Persistance des impressions rétinienne.** — La modification rétinienne suit presque instantanément l'excitation lumineuse; la période d'*excitation latente* y existe peut-être, mais elle y est tellement courte qu'il est à peu près impossible de la démontrer; cette modification rétinienne, une fois produite, a une certaine durée, c'est-à-dire que l'impression lumineuse persiste encore même après la disparition de l'excitant-lumière; cette durée, variable du reste, peut être évaluée de  $1/50^e$  à  $1/30^e$  de seconde. Si on regarde un moment le soleil ou une flamme brillante et qu'on ferme rapidement les yeux, ou si on éteint une lampe dans l'obscurité, on voit pendant quelque temps une image du corps lumineux; c'est ce qu'on a appelé *image accidentelle positive* ou *image consécutive*. Il résulte de ce fait que quand des excitations lumineuses intermittentes identiques se succèdent sur la rétine avec assez de rapidité, les images rétinienne persistent encore quand les nouvelles excitations se produisent, et la sensation lumineuse, au lieu d'être intermittente, est continue: ainsi, un charbon enflammé qu'on tourne rapidement paraît être un cercle de feu; si l'on marque un point blanc brillant sur un disque noir à une certaine distance de son centre et qu'on fasse tourner le disque, on voit un cercle gris qui paraît immobile; il en est de même si on prend des disques rotatifs avec des secteurs noirs plus ou moins étendus, les disques paraissent d'un gris uniforme plus ou moins foncé, suivant l'étendue des secteurs noirs. C'est également à cette persistance des impressions rétinienne que sont dues les courbes variables qu'on obtient quand on fait vibrer une corde métallique noircie, dont un seul point est fortement éclairé; et on a pu, par ce procédé, étudier la forme des vibrations des cordes dans différents instruments.

Si dans l'expérience du disque rotatif avec le point blanc brillant, le cercle paraît gris et non pas blanc, c'est que le point de la rétine impressionné ne voit que pendant un temps trop court la lumière blanche du point brillant; et l'expérience montre que la lumière émise pendant la durée d'une rotation du









Si, pendant que l'image positive est encore visible, on dirige le regard vers une surface fortement éclairée, l'image négative apparaît, et cette image négative peut avoir aussi assez de netteté pour que les plus petits détails soient visibles. A l'inverse de l'image positive, l'image négative augmente d'intensité avec l'augmentation de durée de l'action lumineuse.

Les images accidentelles suivent les déplacements de l'œil; si c'est la tache jaune qui en est le siège, cette image vient se placer au point de fixation de l'œil et, tant qu'elle existe, empêche de distinguer nettement les objets.

L'explication des images accidentelles est facile à donner. Les images positives sont dues, comme on l'a vu plus haut, à la persistance de l'excitation rétinienne après la cessation de l'excitant; les images négatives sont dues à la fatigue et à la diminution d'excitabilité de la rétine : les parties qui, avec la première excitation lumineuse, donnaient l'image positive sont devenues inexcitables par la fatigue; alors, quand arrive la deuxième excitation lumineuse, toutes les parties de la rétine, sauf celles-là, sont excitées et à l'image positive brillante succède l'image négative obscure.

Cette influence de la fatigue se montre nettement dans l'expérience suivante : Si on regarde sur fond gris un objet clair, par exemple un morceau de papier blanc, et qu'on enlève subitement cet objet, on voit paraître une image accidentelle foncée du papier; si on remplace le papier blanc par du papier noir, l'image accidentelle est claire. La partie de rétine excitée par le papier blanc est plus fatiguée que le reste de la rétine où se peint le fond gris; celle excitée par le papier noir l'est moins, et quand nous enlevons le papier, le fond gris qui le remplace va exciter une partie de la rétine qui n'est pas fatiguée, et le reste du fond gris, agissant sur une rétine déjà fatiguée, paraît plus foncé par comparaison.

#### D. — DES SENSATIONS DE COULEUR.

##### 1<sup>o</sup> *Des couleurs simples.*

Le mot *couleur* a trois significations différentes. Dans le premier cas, il répond à une sensation spéciale due elle-même à une excitation particulière de la rétine; c'est ainsi qu'on dira : la couleur rouge, la couleur bleue. Dans le second cas, on transporte par la pensée le nom, employé pour désigner la sensation, à l'objet extérieur, vibration de l'éther, qui l'a déterminée, et on parle de rayons colorés, rayons rouges, rayons violets, pour







vers la lame de verre, on voit à travers la lame l'objet *b*, et on voit réflexion l'objet *c*, qui paraît alors coïncider avec *b* ; l'image commune de *b* et de *c* a alors la couleur résultante.

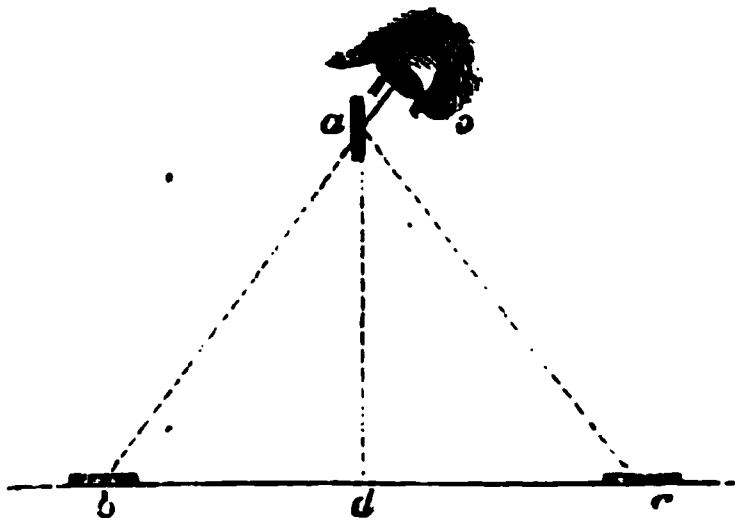


Fig. 214. — Procédé de Lambert pour le mélange des couleurs.

3° *Procédé de Czermack*. C'est l'expérience de Scheiner (voir p. modifiée. On place aux deux ouvertures deux verres différemment colorés ; puis on accommode de façon que les deux cercles de diffusion se recouvrent en partie sur la rétine ; on a alors la sensation de leur composée.

4° *Procédé des disques rotatifs*. On fait tourner rapidement dans un plan des disques qui portent des secteurs différemment colorés. Quand la vitesse de la rotation est suffisante, les impressions produites par les différentes couleurs sur la rétine éveillent une impression unique, celle de la couleur mixte.

Le procédé des disques rotatifs permet le mélange d'un nombre quelconque de couleurs. Ainsi, si on dispose sur le disque des secteurs colorés correspondant aux principales couleurs du spectre, comme dans la figure 215, la sensation résultante est celle de la lumière blanche. Seulement, il faut donner aux différents secteurs colorés des dimensions qui soient dans des rapports convenables. Dans le disque de la figure les angles des secteurs ont des valeurs qui ont été calculées par Newton et dont voici les nombres :

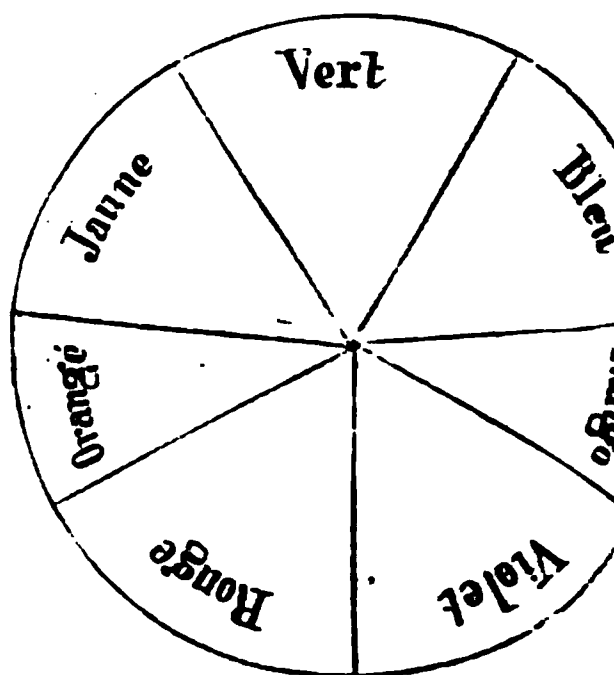


Fig. 215. — Disque rotatif de Newton pour le mélange des couleurs.

Rouge . . . . .	60°45',5	Bleu . . . . .	54°41'
Orangé . . . . .	34°10',5	Indigo . . . . .	34°10',5
Jaune . . . . .	54°41'	Violet . . . . .	60°45',5
Vert . . . . .	60°45',5		



jaune et d'un fluide bleu ne laisse passer que les rayons verts. Il en est de même des poudres colorées : chaque particule de matière colorante agit comme un petit corps transparent qui colore la lumière par absorption. Il y a donc dans les mélanges de poudres ou de liquides colorés non pas addition, mais soustraction de couleurs; aussi ces mélanges sont-ils toujours plus foncés que les substances simples qui entrent dans leur composition. On rend ces différences sensibles en plaçant au centre d'un disque rotatif le mélange direct des deux couleurs, par exemple du bleu cobalt et du jaune de chrome, et en plaçant isolément chacune des deux couleurs sur les secteurs du bord du disque; quand le disque tourne, les deux couleurs donnent, au centre du disque, du vert foncé; sur le bord du disque, là où la combinaison se fait sur la rétine, du vert blanchâtre.

### 3° *Caractères des sensations de couleur.*

On distingue, dans les sensations de couleur, trois caractères principaux qui dépendent de conditions physiques : ce sont le *ton*, la *saturation* et l'*intensité*.

1° *Ton*. — Le ton d'une couleur dépend du nombre de vibrations (ou de la longueur d'ondulation) de l'éther et correspond à ce qu'est la hauteur pour les vibrations sonores.

2° *Saturation*. — La saturation d'une couleur dépend de la plus ou moins grande quantité de lumière blanche qu'elle contient. Une couleur est dite *saturée* quand elle ne contient pas de lumière blanche, telles sont les couleurs simples du spectre et le pourpre. On peut donc, par une addition convenable de lumière blanche, dégrader peu à peu chaque ton et passer ainsi, par transitions insensibles, d'une couleur saturée au blanc pur.

3° *Intensité*. — L'intensité d'une couleur dépend de l'amplitude des vibrations. Cette intensité diminue depuis les couleurs spectrales pures jusqu'au sombre ou au noir par dégradations successives; le gris n'est que du blanc peu lumineux. Quand l'intensité lumineuse dépasse une certaine limite, le ton de la couleur disparaît, et nous n'avons plus que la sensation du blanc.

Cette intensité lumineuse varie, du reste, pour les différentes couleurs du spectre; ainsi le rouge exige, pour être vu, une lumière plus forte que le bleu. Si un papier rouge et un papier bleu paraissent également clairs à la lumière du jour, à la tombée de la nuit le papier bleu paraît plus clair et le papier rouge













loré, jaune, rouge ou blanc, qui ne laisse, par conséquent, arriver à l'élément impressionnable que la lumière rouge, jaune ou blanche. Cette disposition vient confirmer l'hypothèse d'Young. Mais chez l'homme il n'existe rien de semblable. Seulement, les cônes sont en rapport avec plusieurs fibrilles primitives et non plus avec une seule ; en effet, l'article interne du cône est constitué par un paquet de fibrilles nerveuses (Schultze) et l'article externe par une pile de lames transversales parallèles. Nous avons vu, d'ailleurs (page 806), qu'il est très-difficile de savoir dans quel article se passe la modification qui produit la sensation de couleur et de quelle nature est cette modification. D'après Zenker, la lumière serait analysée dans cette pile de lames comme le son dans l'organe de Corti, comme elle est décomposée dans une pile de lames de verre d'épaisseur inégale ou de réfringence différente. (Zenker, *Archiv für mikr. Anatomie*, t. III.)

Le pigment jaune de la tache jaune rend la rétine moins sensible pour le rouge et le violet. Du reste, d'une façon générale, les éléments rétiniens affectés au rouge paraissent avoir une sensibilité plus faible que les autres : à la périphérie de la rétine ces éléments paraissent même manquer tout à fait. Si on fixe avec un œil un pain à cacheter rouge, l'impression porte d'abord sur la tache jaune et l'objet est vu nettement rouge ; si alors, sans déplacer le point de fixation de l'œil, on fait mouvoir lentement le pain à cacheter de façon que son image se fasse sur la rétine dans des points de plus en plus rapprochés de l'*ora serrata*, l'objet paraît de plus en plus foncé, puis il prend une teinte bleuâtre et finit par paraître tout à fait noir (Wundt).

### 6° Images consécutives colorées.

Si on fixe pendant quelque temps une croix rouge, par exemple, sur un fond noir et qu'on ferme les yeux, on voit une image consécutive rouge de la croix ; l'image, dans ce cas, est *positive* et *homochroïque*, c'est-à-dire de même couleur que l'objet : si au lieu de fermer les yeux, on regarde un papier blanc, on voit une croix verte ; l'image consécutive est *complémentaire*, c'est-à-dire qu'elle a la couleur complémentaire de la couleur de l'objet. Les images consécutives sont *positives* quand elles ont la même intensité que l'image primaire de l'objet, *négatives* quand elles ont moins d'intensité lumineuse. Les images homochroïques sont toujours positives ; les images complémentaires peuvent être positives ou négatives. On appelle *lumière primaire* ou *induc-*











rapproche du centre. Sur chaque couronne, la surface angulaire des parties noires est constante, et cependant chaque couronne paraît plus claire à sa partie interne, où elle confine à une couronne plus foncée, et plus foncée à sa partie externe, où elle confine à une couronne plus claire. Si au lieu du blanc et du noir, on prend deux couleurs différentes, le phénomène devient très-frappant : chaque couronne présente deux colorations différentes à ses deux bords, bien que la coloration objective soit uniforme sur toute l'étendue de chaque couronne. Si on a mélangé du bleu et du jaune et que le bleu prédomine dans les couronnes extérieures, chaque couronne paraît jaune à son bord extérieur, bleue à son bord intérieur. Ces effets de contraste disparaissent dès qu'on marque les contours des anneaux par de fines circonférences noires ; chaque anneau apparaît alors avec la coloration et l'intensité qu'il possède en réalité. Ces phénomènes de contraste doivent donc être rattachés, comme le fait observer Helmholtz, plutôt à des modifications dans le jugement qu'à des modifications dans la sensation. Plateau, au contraire, rattache les phénomènes de contraste à la théorie des images consécutives.

#### E. — MOUVEMENTS DU GLOBE OCULAIRE.

Les mouvements du globe oculaire ont pour but de diriger le regard vers le point de l'espace que nous voulons fixer de façon que l'image de ce point aille se faire sur la tache jaune, lieu de la vision distincte.

Le globe oculaire, au point de vue de ses mouvements, représente une véritable énarthrose, et ses déplacements se font d'après les lois des déplacements des articulations sphériques.

#### 1° *Centre et axes de rotation de l'œil.*

Le *centre de rotation* de l'œil ne se trouve pas exactement au milieu de l'axe optique ; il est placé un peu plus en arrière (de  $1^{\text{mm}} \frac{3}{4}$  environ), par conséquent en arrière des points nodaux. Dans les yeux myopes, le centre de rotation est placé plus en arrière que dans les yeux normaux ; dans les yeux hypermétropes, il est un peu plus en avant.

*Détermination du centre de rotation de l'œil. — Procédé de Donders.* On mesure d'abord le diamètre horizontal de la cornée à l'aide de l'ophthalmomètre. Puis on fait viser successivement à droite et à gauche

de regard avec le plan transversal ou *horizon rétinien* d'Helmholtz; cet angle est ce qu'on appelle *angle de rotation* ou *angle de torsion* de l'œil. Ce mouvement de roue est dit *positif* quand l'œil tourne dans le même sens que les aiguilles d'une montre située en face de lui; il est dit *négalif* dans le cas contraire.

Donders a montré que pour une direction donnée de la ligne de regard, l'angle de rotation est toujours le même, autrement dit qu'il y a un rapport constant entre la valeur de cet angle de rotation et la valeur de l'angle de déplacement horizontal et de l'angle de déplacement latéral. La grandeur des mouvements de roue augmente avec l'inclinaison de la ligne de regard; dans les positions extrêmes, cet angle de rotation peut atteindre 10°.

La *loi des rotations du globe oculaire* a été formulée par Listing de la façon suivante : Lorsque la ligne de regard passe de sa position primaire à une position quelconque, l'angle de torsion de l'œil dans cette seconde position est le même que si l'œil était venu dans cette position en tournant autour d'un axe fixe perpendiculaire à la première et à la seconde position de la ligne de regard (Helmholtz : *Optique physiologique*, page 606). Giraud-Teulon propose, tout en la repoussant, de la formuler de la façon suivante :

Lorsque le regard passe d'une position à une autre, il peut être considéré comme ayant tourné, par simple rotation, autour d'un axe fixe perpendiculaire au plan qui contient les deux lignes de regard dans leurs positions extrêmes. Il en résulte que l'axe de rotation est toujours placé dans l'équateur (plan frontal) de l'œil.

Quand les lignes de regard des deux yeux, au lieu d'être parallèles, sont convergentes, les résultats ne sont plus tout à fait les mêmes, et les écarts sont d'autant plus considérables que la convergence est plus grande. Il en est de même pour les yeux myopes.

*Procédés pour la détermination des mouvements de roue de l'œil. — Procédé de Ruete par les images accidentelles.* — On développe sur la rétine l'image accidentelle d'un ruban noir horizontal ou vertical tendu au-devant d'un mur ou d'une tenture grise sur laquelle sont tracés des lignes horizontales et verticales. On maintient la tête droite et on fixe le milieu du ruban; puis, sans déplacer la tête, on dirige brusquement le regard sur une autre partie de la tenture; on voit alors une image accidentelle du ruban qui se superpose à la tenture et dont la direction se reconnaît par comparaison avec les lignes horizontales et verticales de la tenture. On observe alors les phénomènes suivants :

Si on porte le regard directement en haut ou en bas, à droite ou à gauche, en partant du milieu du ruban, l'image accidentelle, horizon-



ont leur convexité tournée en dehors; elle est tournée en dedans quand la ligne de regard se porte en dedans.

Les mouvements des deux yeux sont solidaires. Dans les conditions ordinaires, nous dirigeons les deux lignes du regard vers le même point de l'espace. Les mouvements simultanés des deux yeux sont toujours associés; on ne peut à la fois lever un œil et abaisser l'autre; nous pouvons faire converger les lignes de regard pour regarder un objet très-rapproché; mais nous ne pouvons faire diverger ces deux lignes de façon que l'œil droit regarde à droite et l'œil gauche, à gauche. On peut cependant, par l'exercice, arriver à se rendre assez maître des mouvements oculaires pour dissocier, au moins dans de certaines limites, les mouvements des deux yeux.

### 3° Action des muscles de l'œil.

Pour connaître l'action des muscles de l'œil, il faut d'abord, pour chaque muscle, déterminer la position de son axe de rotation, c'est-à-dire l'axe autour duquel le globe oculaire doit tourner quand le muscle se contracte. Cet axe de rotation est perpendiculaire à la direction du muscle et sa position est déterminée par les trois angles que cet axe de rotation fait avec les trois axes principaux du globe oculaire. Ce sont ces angles que donne le tableau suivant, d'après Fick, l'œil étant supposé dans la position primaire :

Muscles.	ANGLE QUE L'AXE DE ROTATION FAIT AVEC		
	la ligne de regard.	l'axe vertical.	l'axe transversal.
Droit supérieur. . . .	111°,21'	108°,22'	151°,10'
Droit inférieur . . . .	63°,37'	114°,28'	37°,49'
Droit externe. . . . .	96°,15'	9°,15'	95°,27'
Droit interne. . . . .	85°,1'	173°,13'	94°,26'
Grand oblique. . . . .	150°,16'	90°	60°,16'
Petit oblique . . . . .	29°,44'	90°	119°,44'

On peut, d'après ces données, résumer ainsi l'action de chacun de ces muscles :

1° *Droits interne et externe.* — Leur axe de rotation coïncide à peu près avec l'axe vertical de l'œil; aussi font-ils tourner l'œil à peu près directement en dedans ou en dehors.





















































en mouvement, par le sentiment des contractions musculaires que nous excitons pour déplacer l'œil de façon à suivre du regard l'objet qui se meut et dont l'image se fait alors sur le même point de la rétine. Il en est de même quand, au lieu de l'œil, c'est la tête qui se déplace ; mais, dans ce cas, la notion du mouvement, de sa vitesse, de sa direction, est beaucoup moins précise que quand les muscles de l'œil entrent en jeu.

#### H. — PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES GÉNÉRALES DU GLOBE OCULAIRE.

##### 1° *Circulation oculaire.*

La circulation oculaire présente des dispositions importantes au point de vue de la physiologie de l'œil. En premier lieu, tous les milieux transparents de l'œil, cornée, cristallin, corps vitré, sont dépourvus de vaisseaux ; il en est de même de la couche granuleuse externe et de la couche de bâtonnets de la rétine ; les vaisseaux manquent aussi d'une façon absolue dans la fosse centrale. Ces organes écartés, l'appareil vasculaire de l'œil se divise en deux systèmes presque indépendants, le système rétinien et le système choroïdien, qui n'ont de communication qu'au niveau de l'entrée du nerf optique.

Dans le système rétinien, les capillaires sont très-fins, à mailles larges ; dans le système choroïdien, au contraire, les capillaires sont volumineux, très-abondants, et ce riche réseau vasculaire sert non-seulement à la nutrition du globe oculaire, mais contribue encore à maintenir sa température ; il agit comme appareil de caléfaction. Ce dernier système fournit non-seulement la choroïde, les procès ciliaires, l'iris, mais encore la sclérotique, le bord de la cornée et la partie avoisinante de la conjonctive, et presque tout le sang veineux de ce système reflue par les quatre *vasa vorticosa*, de façon que les modifications de calibre de ces quatre vaisseaux (placés sous une influence nerveuse commune) agissent immédiatement sur l'ensemble du système, sans que les variations de cette circulation choroïdienne qui se présentent très-fréquemment (dans l'effort, par exemple) puissent influencer la circulation rétinienne. (Rouget, Leber.)

Les variations de calibre des vaisseaux rétiniens et choroïdiens peuvent s'observer à l'ophthalmoscope et même se mesurer au micromètre.















#### 4° *Des sensations olfactives.*

L'intensité des sensations olfactives dépend, d'une part, de la quantité des particules odorantes, de l'autre, du nombre d'éléments nerveux impressionnés, ou, ce qui revient au même, de l'étendue de la région olfactive. Cette sensation est, en général, très-fugace et, pour qu'elle se maintienne, il faut que de nouvelles particules odorantes soient continuellement apportées aux extrémités nerveuses.

La finesse de l'odorat présente des différences individuelles considérables et peut, du reste, être accrue d'une façon remarquable par l'exercice. Chez certains animaux, le chien, par exemple, ce sens est excessivement développé et a autant d'importance que la vue.

Quand on fait arriver à chaque narine une odeur différente, il n'y a pas mélange des deux sensations : elles se succèdent alternativement, mais il n'y en a toujours qu'une seule à la fois.

Dans l'ignorance où nous sommes de la nature des odeurs, nous ne pouvons les classer que d'après le caractère même de la sensation olfactive, sans pouvoir rattacher ce caractère à une condition physique, comme on le fait, par exemple, pour le son, pour la hauteur ou le timbre. À ce point de vue, la meilleure classification est peut-être encore celle de Linné qui classe les odeurs en : aromatiques (laurier), fragrances (lis), ambrosiaques (jambre), alliées (ail), fétides (valériane), vireuses (solanées), nauséuses (courge).

Les sensations olfactives consécutives ont été peu étudiées et sont mises en doute par beaucoup de physiologistes ; elles seraient dues à des particules odorantes restées dans les sinus et reprises par le courant d'air. Elles paraissent plus fréquentes pour les odeurs désagréables (odeur cadavéreuse).

Des sensations subjectives existent souvent chez les aliénés.

La distinction des sensations d'odeur et des sensations tactiles de la pituitaire (ammoniacque, acide acétique) est souvent difficile à faire, et dans le langage usuel on les confond sous la dénomination générale d'odeurs ; cependant ce sont là de véritables sensations tactiles analogues à celles que ces substances déter-



































































































































get, il innerverait aussi les autres muscles du voile du palais, sauf le péristaphylin externe ; mais il est douteux qu'il fournisse aux muscles des piliers.

L'action du facial sur le voile du palais a été très-controversée. Son excitation intra-crânienne n'a donné que des résultats négatifs à Chauveau, Longet, Volkmann et Hein ; Debrou n'a obtenu qu'une fois sur cinq des résultats positifs ; cependant Nuhn a vu, sur un décapité, l'excitation galvanique du tronc du facial amener des mouvements dans le voile du palais, et Davaine a constaté le même fait chez les animaux. Les paralysies du facial témoignent en faveur de cette opinion ; la luette est alors fréquemment déviée du côté non paralysé (Montaut, Diday, Longet, etc.) et conjointement on observe une chute du voile du palais avec courbure de la luette (Romberg), d'où gêne de la déglutition et nasonnement dû à ce que le voile du palais ne ferme plus hermétiquement l'orifice postérieur des fosses nasales. Cette déviation de la luette n'existe pas quand le siège de la paralysie se trouve au-dessous du ganglion géniculé.

5° *Le muscle de l'étrier et les muscles du pavillon* ; l'incertitude dans laquelle on est encore sur l'action du muscle de l'étrier ne permet guère d'expliquer les altérations de l'ouïe observées dans quelques cas de paralysie faciale (sensibilité plus grande de l'ouïe, surdité, etc.).

B. ACTION SENSITIVE. — Le facial est insensible à son origine ; Magendie et Cl. Bernard l'ont constaté d'une façon indubitable. Certains auteurs, Wrisberg, Bischoff, etc., se basant sur la présence du ganglion géniculé, ont considéré le facial comme un nerf mixte dont le nerf de Wrisberg constituerait la racine sensitive ; mais, d'une part, Cl. Bernard a constaté l'insensibilité du nerf de Wrisberg, et dans les paralysies centrales du facial il n'y a aucune perte de sensibilité dans les régions innervées par le facial.

Le facial est cependant sensible après sa sortie du trou stylo-mastoïdien ; mais cette sensibilité est une sensibilité acquise dans son trajet à travers le canal de Fallope. Elle lui vient probablement de deux sources : 1° du trijumeau par le grand nerf pétreux superficiel ; Longet a constaté l'insensibilité du facial au-dessous du trou stylo-mastoïdien après la section intra-crânienne du trijumeau ; 2° du pneumo-gastrique par le rameau auriculaire, comme l'indique une remarquable expérience de Cl. Bernard ; il sectionne le facial au-dessous de son anastomose avec





E. ACTION VASO-MOTRICE. — Cl. Bernard a vu la section intra-crânienne du facial être suivie d'un abaissement de température (abaissement dû peut-être aux désordres mêmes de l'opération); sa section dans le canal de Fallope était au contraire suivie d'une élévation de température. (Voir : *Corde du tympan*.)

F. GANGLION GÉNICULÉ ET NERF DE WRISBERG — La nature et les fonctions du nerf de Wrisberg sont encore peu connues. Wrisberg, Bischoff, Cusco, le considéraient comme la racine sensitive du nerf facial dont le ganglion géniculé constituerait le ganglion. On a vu plus haut les raisons qui s'opposent à cette opinion. Longet, qui l'appelle *nerf moteur tympanique*, le croit destiné à fournir le nerf du muscle de l'étrier et le muscle interne du marteau (par le petit nerf pétreux superficiel); mais ce dernier nerf est fourni par le trijumeau. Cl. Bernard le regarde comme une racine d'origine du grand sympathique qui fournirait aux nerfs pétreux et à la corde du tympan; il agirait sur les muqueuses et les glandes; il serait le nerf des mouvements organiques, le facial étant le nerf des mouvements de relation. Il est probable, en effet, que ce nerf fournit les filets glandulaires du petit pétreux superficiel et de la corde, et peut-être, comme le croit Lussana, les filets gustatifs du lingual.

G. ANASTOMOSES. — 1° *A. du facial et de l'acoustique*. Cette anastomose a lieu principalement par le nerf de Wrisberg. Son usage est inconnu.

2° *Grand pétreux superficiel*. Il fournit au ganglion de Meckel les filets moteurs qui, après avoir traversé ce ganglion, vont innervier les muscles palato-staphylin et péristaphylin interne. C'est probablement aussi par cette voie qu'arrive au facial une partie des filets venant du trijumeau qui donnent au facial sa sensibilité acquise.

3° *Petit pétreux superficiel*. Il porte au ganglion otique les filets glandulaires qui vont de ce ganglion à l'auriculo-temporal et de là à la parotide.

4° *Corde du tympan*. La corde serait sensible d'après quelques auteurs (Bonnafont, Duchenne), très-peu sensible au contraire d'après Vulpian. Ce nerf, très-complexe et très-curieux, contient plusieurs espèces de fibres : 1° des fibres glandulaires qui se rendent aux glandes sous-maxillaires et sublinguales ; 2° des fibres gustatives qui vont avec le lingual à la pointe de la langue ; 3° des fibres motrices qui accompagnent le lingual et qu'





que celle du trijumeau et du pneumogastrique; Waller et Prévost ont vu ces mouvements se produire par l'excitation de son

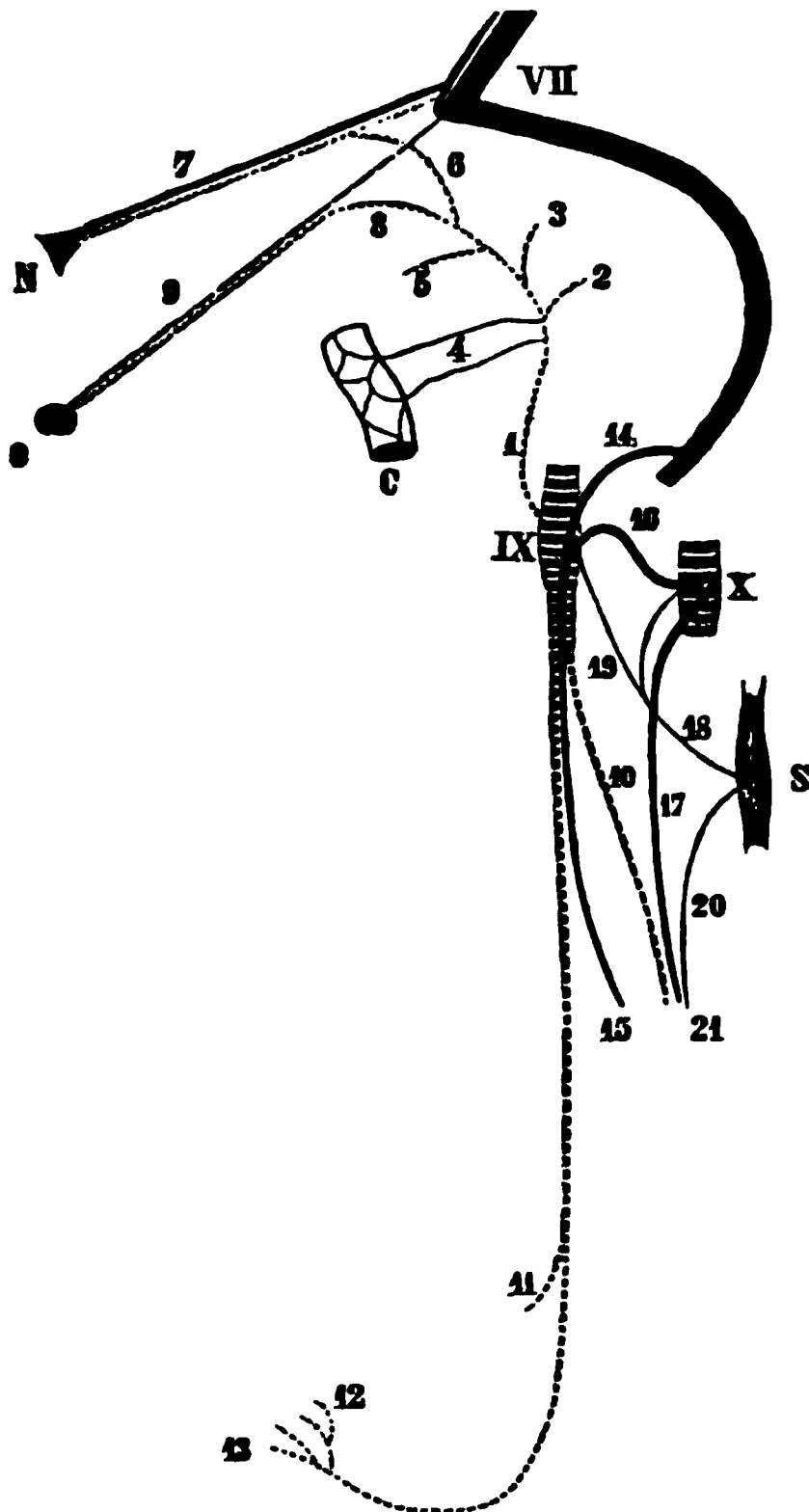


Fig. 240. — Nerf glosso-pharyngien. (Figure schématique.)

Fig. 240. — VII, facial. — IX, glosso-pharyngien et ganglion d'Andersch. — X, pneumogastrique. — S, ganglion cervical supérieur. — C, carotide et plexus carotidien. — N, ganglion de Meckel. — O, ganglion otique. — 1, nerf de Jacobson. — 2, rameau de la fenêtre ronde. — 3, rameau de la fenêtre ovale. — 4, rameaux carotidiens. — 5, rameau de la trompe d'Eustache. — 6, anastomose avec le grand pétéreux superficiel. — 7, grand pétéreux superficiel. — 8, anastomose du nerf de Jacobson avec le petit pétéreux superficiel, 9. — 10, rameau pharyngien. — 11, rameau lingual. — 12, rameaux tonsillaires. — 13, rameaux terminaux. — 14, anastomose du facial avec le ganglion d'Andersch. — 15, rameau du stylopharyngien. — 16, anastomose avec le pneumogastrique. — 17, rameau pharyngien du pneumogastrique. — 18, rameau jugulaire du ganglion cervical supérieur. — 19, rameau fourni au ganglion d'Andersch par le ganglion cervical supérieur. — 20, rameau pharyngien du ganglion cervical supérieur.





3° *E. simultanée des deux pneumogastriques.* Chaque électrode se bifurque et chacune de ses bifurcations va à un des pneumogastriques, de sorte qu'à chaque excitation électrique, chaque nerf est parcouru par un courant d'égale durée et d'égale intensité. (Eckhard, *Nervensystem*, p. 194.)

B. SECTION DU PNEUMOGASTRIQUE. — 1° *S. au cou.* (Procédé qui sert aussi pour la section du sympathique au cou, du rameau cardiaque du pneumogastrique, de l'anse descendante de l'hypoglosse, pour la ligature de la carotide primitive et de la jugulaire interne.) La tête étant fixée, on fait une incision sur la ligne médiane du cou, au-devant de la trachée; on la met à découvert; en dehors d'elle on trouve le sternomastoidien recouvert par la veine jugulaire interne; on récline ces deux organes en dehors, et on met à nu le paquet vasculo-nerveux recouvert par le fascia qu'on incise; l'artère est en dedans, la veine en dehors, le nerf entre les deux. On trouve dans la même gaine le sympathique et le rameau cardiaque du pneumogastrique; l'anse de l'hypoglosse se trouve en avant. Chez le chien, le pneumogastrique est accolé au grand sympathique et se trouve dans la même gaine. — 2° *S. du nerf laryngé supérieur.* La section de la peau doit être portée un peu plus haut. — 3° *S. du nerf récurrent.* Il est situé le long du bord externe de la trachée, où il est facile de le trouver entre la trachée et l'œsophage. Il accompagne ordinairement la veine thyroïdienne. — 4° *S. du pneumogastrique au niveau du diaphragme.* Ouverture de la cavité abdominale; on va ensuite à la recherche du nerf à la partie inférieure de l'œsophage.

A. ACTION SENSITIVE DU PNEUMOGASTRIQUE. — La sensibilité dans l'intérieur du crâne a été constatée par Cl. Bernard. Quand il a fourni le laryngé supérieur, branche très-sensible, sa sensibilité devient très-obtuse et quelquefois nulle (chien et lapin); le nerf récurrent est à peu près insensible. Le pneumogastrique fournit la sensibilité :

1° *A toute la muqueuse des voies aériennes*, depuis l'épiglotte et les replis ary-épiglottiques jusqu'aux dernières ramifications bronchiques. La sensibilité de cette muqueuse n'est pas la même ni comme quantité, ni comme qualité, dans les diverses parties de l'arbre aérien. Au-dessus de la glotte, la sensibilité du larynx est exquise, mais d'un caractère particulier; tout ce qui entre en contact avec cette muqueuse, à l'exception de l'air et de quelques corps volatils, détermine une sensation particulièrement pénible et des efforts de toux. Au-dessous de la glotte, au contraire, la sensibilité est très-obtuse; ainsi on peut remplir d'







































































































































































Le cervelet ne peut être considéré non plus comme un centre de sensibilité générale, une sorte de *sensorium commune* (l'oursour du Petit, Foville), ni comme un centre intellectuel ou instinctif. L'hypothèse de Gall, qui fait du cervelet l'organe de l'instinct génésique ou du sens génital, ne peut être non plus adoptée, quoiqu'on puisse invoquer en sa faveur quelques faits de physiologie et d'anatomie comparée et quoiqu'elle ait été reprise dans ces derniers temps par Lussana qui y place à la fois le sens musculaire et le *sens érotique*.

Herbert Spencer a fait *à priori* une hypothèse ingénieuse sur les fonctions comparées du cervelet et des hémisphères. Les actions nerveuses peuvent être rattachées entre elles par des relations de coexistence ou de succession; elles peuvent être simultanées ou successives, coordonnées dans l'espace ou dans le temps. Le cervelet serait l'organe des coordinations dans l'espace, les hémisphères cérébraux, les organes des coordinations dans le temps. Cette hypothèse, qui se rattache par quelques points à l'hypothèse admise plus haut sur les fonctions du cervelet, ne peut être discutée ici.

La lésion des pédoncules cérébelleux détermine des phénomènes particuliers suivant le pédoncule lésé et l'étendue de la lésion, phénomènes qui se confondent en partie avec ceux qui se produisent par la lésion du cervelet proprement dit. La section d'un pédoncule cérébelleux moyen détermine la rotation autour de l'axe; si la lésion atteint la partie postérieure, la rotation se fait du côté opéré (Magendie); elle a lieu du côté opposé à la lésion (Longel) si ce sont les parties antérieures qui sont atteintes (Schiff, Cl. Bernard). Après la lésion des pédoncules cérébelleux inférieurs, le corps s'incurve en arc du côté lésé (Rolando, Magendie). Celle des pédoncules cérébelleux supérieurs se confond avec la lésion des pédoncules cérébraux.

**Mouvements de rotation.** — Certaines lésions cérébrales donnent lieu à des mouvements de rotation particuliers dont l'interprétation est très-difficile. Ces mouvements de rotation se présentent sous quatre formes principales.

1° *Mouvement de manège.* — Dans ce cas (*fig. 253*, p. 1009), l'animal décrit un cercle de plus ou moins grand rayon; la rotation se fait tantôt dans le même sens que les aiguilles d'une montre, tantôt en sens inverse comme dans la figure; elle s'observe principalement après la lésion des pédoncules cérébraux;

2° *Mouvement de rotation en rayon de roue* (*fig. 254*, p. 1009). Dans ce cas, l'animal tourne autour du train postérieur qui sert d'axe, la tête se trouvant à la circonférence du cercle. Ce mode de rotation, assez rare









































raité élémentaire. Je me contenterai de renvoyer aux ouvrages de Darwin et de Duchenne et de rappeler seulement les principes qui, d'après Darwin, régiraient la manifestation de ces mouvements.

Darwin rattache l'expression des émotions aux trois principes généraux suivants :

1° Un grand nombre de mouvements émotionnels ont été primitivement les mouvements volontaires accomplis dans un but utile à l'individu : peu à peu, par l'habitude, ces mouvements volontaires se sont associés aux sentiments qui leur avaient donné naissance et sont devenus machinaux et instinctifs ; enfin ces mouvements associés se sont transmis par hérédité. Ainsi l'acte de serrer les poings a été primitivement volontaire au moment de combattre un ennemi ; cet acte s'est associé peu à peu au sentiment de la colère et est devenu machinal : il s'est transmis ainsi par hérédité et aujourd'hui encore nous serrons les poings quand nous sommes en colère comme pour combattre un ennemi absent.

2° Dans certains cas, les mouvements d'expression sont l'opposé des mouvements que produit le sentiment contraire à celui que l'individu éprouve. Ainsi, pour témoigner sa joie, un chien emploie des mouvements contraires à ceux qui expriment la colère. C'est ce que Darwin appelle le principe de l'antithèse ; cependant la plupart des cas cités par Darwin paraissent susceptibles d'une autre interprétation.

3° Enfin, certains mouvements qui ne rentrent dans aucun des cas précédents ne peuvent s'expliquer que par l'intervention d'une action nerveuse involontaire (diffusion nerveuse de Bain) ; telles sont les larmes, l'action des émotions sur le cœur, etc.

Bain fait appel aussi, pour certains mouvements d'expression, au principe de la spontanéité des mouvements et à l'exubérance de vie musculaire (gambades d'un poulain, d'un chien, d'un enfant.)

## 2° Du langage.

Le langage peut se diviser en langage émotionnel et langage rationnel. Le langage *émotionnel* n'est qu'une forme de l'expression des émotions et rentre par conséquent dans le paragraphe précédent ; ce langage émotionnel est très-développé chez l'enfant, le sauvage, et, d'après Max Müller, existerait seul chez l'animal et constituerait ainsi une limite tranchée entre l'animal et l'homme.

Le langage rationnel, au contraire, est le pouvoir de construire et de manier des concepts généraux ; il serait spécial à l'homme et, suivant M. Müller, « le point où finit l'animal et où l'homme commence est déterminable avec la précision la plus rigoureuse, parce qu'il a dû coïncider avec le commencement de la période du langage à radicaux ». Mais est-il vrai qu'il soit impossible de passer du langage émotionnel au langage



















































de nutrition sont absorbés dans l'intestin et lui arrivent par la veine porte. Chez le fœtus, ils sont absorbés dans le placenta et lui arrivent par la veine ombilicale.

La circulation placentaire se distingue donc de la circulation ordinaire par l'absence de petite circulation et par la communication des cœurs droit et gauche. Les quatre cavités du cœur sont utilisées pour la circulation générale; aussi la tension doit-elle être la même dans le cœur droit et dans le cœur gauche, et ne trouve-t-on pas, pendant la vie fœtale, l'inégalité d'épaisseur des parois des deux ventricules, inégalité qui s'accroît rapidement dès que la circulation pulmonaire s'établit. Chez le fœtus à terme, le cœur fait en moyenne 140 pulsations par minute.

## 2. — PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME DE LA NAISSANCE A LA MORT.

### 1° *Physiologie du nouveau-né.*

A la naissance, les conditions d'existence du fœtus sont complètement et subitement changées, et il s'ensuit dans la circulation des modifications capitales qui mènent à l'établissement de la circulation pulmonaire. Toute communication est interrompue avec le placenta et, par suite, il survient une oblitération des artères ombilicales et de la veine ombilicale jusqu'à l'abouchement de la veine porte et du canal veineux. En même temps, les poumons, en se dilatant pour la première inspiration, sont le siège d'un afflux sanguin considérable; le courant sanguin de l'artère pulmonaire, qui passait presque en entier par le canal artériel dans l'aorte, est détourné vers les poumons; le sang passe de moins en moins dans le canal artériel qui se rétrécit, puis s'oblitére au deuxième ou au troisième jour. Le sang revient en masse des poumons par les veines pulmonaires qui se dilatent; le courant sanguin des veines pulmonaires remplit alors l'oreillette gauche et s'oppose à ce que le courant provenant de la veine cave inférieure pénètre dans cette oreillette par le trou de Botal; ce trou s'oblitére à son tour dès qu'il ne donne plus passage au sang et ainsi s'établit la circulation pulmonaire définitive.

La cause de la première inspiration a été très-controversée. On a vu, dans la physiologie de la moelle allongée (voir page 993),







de distinguer plusieurs stades ; un stade d'augment, dans lequel toutes les fonctions principales montrent un accroissement d'énergie et de vigueur, un point culminant, de trente-cinq à quarante-cinq ans environ, dans lequel l'organisme se maintient dans le *statu quo*, à son maximum de développement physique et intellectuel, enfin un stade de décroissance dans lequel la plupart des fonctions marchent plus ou moins vite vers la vieillesse. L'homme conserve pendant toute cette période, et même au delà, le pouvoir reproducteur, mais il n'en est pas de même pour la femme, chez laquelle la période de l'âge mûr se trouve séparée en deux parties par la ménopause (âge critique, âge de retour).

### 7° Vieillesse.

Il est difficile de préciser le moment où l'âge mûr se termine pour faire place à la vieillesse ; c'est qu'en effet le déclin est déjà commencé depuis longtemps ; il ne fait que s'accélérer, et cette accélération peut être plus ou moins tardive, plus ou moins rapide ; mais il est rare, sauf certains cas exceptionnels, qu'elle se produise brusquement et que l'homme fait devienne un vieillard d'un moment à l'autre. Les causes de ce déclin ont été étudiées ailleurs (page 336), il suffira ici de tracer un tableau rapide des principales fonctions chez le vieillard. Le sang est plus pauvre en principes fixes, en globules et en albumine, plus riche en cholestérine ; la respiration est moins active ; la capacité vitale diminue ; la température du corps est un peu augmentée, quoique le vieillard soit plus sensible au froid ; tous les phénomènes digestifs sont plus lents, plus difficiles ; la circulation n'est plus parfaite ; les artères ossifiées, les veines dilatées, répartissent le sang d'une façon inégale et amènent des troubles dans le fonctionnement de la plupart des organes ; les dents se déchaussent et se perdent ; les cartilages s'ossifient ; la peau se ride, devient sèche et dure, et la respiration cutanée s'accomplit incomplètement ; les cheveux blanchissent et tombent ; la taille et le poids du corps diminuent ; la maigreur se prononce de plus en plus. Les mouvements musculaires ont perdu leur énergie et leur précision ; la tête et les mains tremblent ; la marche est moins assurée ; le rachis s'incurve ; le larynx s'ossifie, les cordes vocales perdent leur élasticité ; la voix devient cassée et chevrotante ; la

contractilité des fibres lisses des différents appareils organiques se perd peu à peu; la miction est difficile, les digestions laborieuses, la défécation pénible. La sensibilité s'émousse; l'œil devient presbyte, hypermétrope; la latitude d'accommodation se réduit peu à peu à zéro; les milieux transparents se troublent (arc sénile); l'oreille est dure; le toucher moins délicat; les facultés intellectuelles s'affaiblissent; la mémoire se perd, etc., et ce déclin, s'accroissant toujours de plus en plus, amène la caducité et la décrépitude, si quelque affection intercurrente ne vient pas, ce qui arrive ordinairement, terminer l'existence. Les conditions histologiques de cette rétrogradation fonctionnelle de la vieillesse paraissent être la diminution de la quantité d'eau et la dégénérescence graisseuse de la plupart des éléments anatomiques, l'infiltration calcaire de certains tissus et en résumé une atrophie générale.

**Bibliographie.** — QUÉTELET : *Physique sociale*. Voir aussi les traités d'hygiène.

## 2. — DES SEXES.

### 1° *Influence de la sexualité sur l'organisme.*

La sexualité influence toutes les fonctions de l'organisme, comme le prouvent les modifications profondes qui se produisent à la puberté et à l'âge de retour, et comme le démontrent aussi les résultats de la castration. Chez l'enfant, ces modifications sont peu prononcées, quoiqu'on en trouve déjà des traces, mais ce n'est qu'à la puberté que s'accusent les différences sexuelles. Nous allons passer rapidement en revue les principaux caractères qui distinguent, au point de vue physiologique, l'organisme féminin de celui de l'homme.

La taille de la femme est moins élevée (de 7 à 8 centimètres) que celle de l'homme. Jusqu'à douze ans, l'accroissement de la taille suit à peu près la même marche dans les deux sexes; à partir de cette époque, la taille s'accroît plus vite chez la femme, mais elle atteint aussi plus tôt son point culminant; il en est de même, du reste, pour la plupart des fonctions de la femme; elles se développent plus vite, mais leur rétrogradation est plus précoce. Le poids de la femme est moins considérable (de 9 kilogr. environ), elle arrive aussi plus tard (50 ans) au maximum de son



poids. Le sang contiendrait moins de globules et de principes fixes et serait plus riche en eau; mais ces faits méritent confirmation. L'appareil digestif est moins développé, la quantité d'aliments ingérés, et surtout d'aliments d'origine animale, moins considérable. La capacité vitale est plus faible (2,500 centimètres cubes); la proportion du carbone brûlé est moindre, et cette différence est plus accentuée encore après la puberté; la perspiration cutanée est moins intense que chez l'homme; la respiration est plus fréquente; il en est de même des battements du cœur, comme le montre le tableau suivant emprunté à Guy :

ÂGE.	FRÉQUENCE DU PULS.		ÂGE.	FRÉQUENCE DU PULS.	
	Homme.	Femme.		Homme.	Femme.
2 à 7 ans.	97	98	42 à 49 ans.	70	77
8 à 14 —	84	94	49 à 56 —	67	76
14 à 21 —	76	82	56 à 63 —	68	77
21 à 28 —	73	80	63 à 70 —	70	78
28 à 35 —	70	78	70 à 77 —	67	81
35 à 42 —	68	78	77 à 84 —	71	82

La respiration se fait surtout d'après le type costal ou costo-claviculaire. La voix est plus haute, moins intense, d'un timbre plus doux. Le squelette est moins développé; celui de l'homme forme 10 pour 100 du poids du corps, celui de la femme 8 pour 100 seulement; les os sont plus grêles, les saillies d'insertion, les crêtes et les dépressions moins marquées; certains os en particulier et certaines régions (crâne, bassin, etc.) présentent des caractères distinctifs décrits dans les traités d'anatomie; les articulations sont plus fines, les ligaments et les tendons plus grêles, les muscles moins volumineux; la force musculaire, mesurée au dynamomètre, est d'un tiers à peu près au-dessous de celle de l'homme. La forme générale du corps, l'attitude, la marche, etc., sont différentes; la graisse accumulée dans le tissu cellulaire sous-cutané masque les saillies musculaires, déjà peu prononcées par elles-mêmes, et arrondit les formes; la ligne serpentine domine chez la femme, ce qui constitue une des conditions de sa beauté (Hogarth); la petitesse de la tête, la délicatesse des traits du visage dont la barbe ne masque aucun détail, la rondeur et la longueur du col, le développement des seins, la déclivité des épaules, la largeur du bassin, la conicité des cuisses, la finesse des extrémités, contrastent avec l'aspect physique de l'homme.

Le cerveau est plus petit et moins pesant que celui de l'homme, et ses parties postérieures sont plus développées; le système nerveux est plus excitable, la sensibilité physique plus vive, les actions réflexes plus intenses.

A ces différences physiques correspondent des différences dans l'intelligence, la sensibilité, le caractère. L'intelligence a plus de vivacité et moins de profondeur, les associations d'idées se font plutôt dans l'espace que dans le temps, par contiguïté que par causalité; la femme est plus apte aux idées particulières et individuelles, l'homme à la généralisation et à l'abstraction; le côté objectif domine chez la femme, le côté subjectif chez l'homme; elle est plus passive, l'homme plus actif; l'influence de l'éducation première persiste plus longtemps chez elle; elle aime le merveilleux et le surnaturel et tombe facilement dans le sentimentalisme, la religiosité et la superstition; le doute l'effraye, quelque scientifique qu'il soit, et elle préfère croire sans vouloir approfondir ni raisonner sa croyance. L'amour, la maternité, la famille remplissent son existence, et son dévouement, susceptible de s'exalter jusqu'à l'héroïsme, a plutôt en vue les personnes que les idées. Son caractère est faible; elle ne connaît ni l'inflexibilité des principes, ni la puissance de la raison; elle se guide d'après ses sentiments, ses passions, ses émotions de chaque jour; mais elle est naturellement si bien douée que la raison seule ne serait pas pour elle un meilleur guide, et que l'homme avec toute sa logique est bien souvent obligé de s'incliner devant ce merveilleux instinct de la femme.

## *2° Causes de la différence des sexes.*

Il naît en moyenne 106 enfants mâles pour 100 enfants du sexe féminin. Les conditions qui déterminent le sexe du produit ne sont pas encore connues. On ne sait ni pourquoi, ni à quel moment la sexualité apparaît. Existe-t-elle déjà dans l'ovule avant la fécondation, quoique le microscope ne révèle aucune différence, ou est-elle due aux spermatozoïdes, ou bien est-elle postérieure à la fécondation et tient-elle à la mère elle-même? Il est impossible de répondre à ces questions.

L'alimentation paraît avoir de l'influence sur le sexe. Une nourriture insuffisante produirait des mâles; dans les deux tiers









surface du globe, il meurt 80,000 hommes par jour et 55 environ par minute, et il en naît à peu près autant. Sur 22 naissances, on compte un enfant mort-né; dans la première année, il meurt un dixième des nouveau-nés; de 5 ans à la puberté, la mortalité diminue; elle augmente jusqu'à 25 ans; de 30 à 35 ans, elle atteint son minimum, puis elle augmente de nouveau en s'aggravant au fur et à mesure des progrès de l'âge. La table suivante donne, pour la France, la mortalité par sexe et par âge (De Montferrand) :

ANNÉE.	SEXE MASCULIN		SEXE FÉMININ.	
	Vivants.	Mortalité.	Vivants.	Mortalité.
0....	10,000	1,764	10,000	1,527
1....	8,236	530	8,473	521
5....	7,075	113	7,331	110
10....	6,676	55	6,940	45
15....	6,475	39	6,743	43
20....	6,245	57	6,518	51
25....	5,867	67	6,236	57
30....	5,597	48	5,956	56
35....	5,358	68	5,663	60
40....	5,097	50	5,360	63
45....	4,820	62	5,038	67
50....	4,492	66	4,691	73
55....	4,101	86	4,276	96
60....	3,646	111	3,761	118
65....	3,002	138	3,083	149
70....	2,293	151	2,325	156
75....	1,477	173	1,482	166
80....	760	109	772	112.
85....	285	60	273	42
90....	84	20	84	20
95....	19	6	19	6
100....	1	—	1	—

La durée de la vie moyenne est, en France, de 37 ans 7 (1852). Dans le premier quart du siècle, elle n'était que de 32 ans 1. On compte un décès sur 41,18 habitants. Le tableau suivant, emprunté à l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, donne la population, les naissances et la mortalité en France de 1861 à 1869 :

ANNÉES.	NAISSANCES.	DÉCÈS.	ALIMENTATION de la population.
1861....	1,005,078	866,597	138,481
1862....	995,167	812,978	182,189
1863....	1,012,794	846,917	165,877
1864....	1,005,880	860,330	145,550













électrodes, et sa densité est assez considérable pour exciter la contraction du deltoïde, tandis que dans les autres muscles cette densité est trop faible pour déterminer une contraction.

L'épiderme étant très-mauvais conducteur à l'état sec, le courant ne peut passer que par les points de cet épiderme qui sont meilleurs conducteurs, c'est-à-dire par les glandes sébacées et sudoripares; l'électricité traverse donc cet épiderme pour arriver dans les parties profondes, non en nappe, mais par places, et à ce niveau l'électricité a une densité assez forte pour exciter les nerfs cutanés; puis l'épiderme une fois traversé, elle se diffuse dans les parties sous-jacentes qui sont bonnes conductrices, et sa densité redevient trop faible pour exciter les muscles. Si on mouille l'épiderme, au contraire, il devient meilleur conducteur, et l'électricité le traverse alors sous forme d'une nappe continue dont la densité, en chaque point, est trop faible pour exciter les nerfs cutanés. Il faudra donc, quand on voudra exciter les nerfs cutanés, employer des électrodes sèches, des électrodes humides quand on voudra exciter les muscles.

Pour la différence des courants induits et des courants constants, voir les *Traité d'électricité médicale*.

## 2. — ACTION DE L'ÉLECTRICITÉ SUR LES NERFS ET LES MUSCLES.

### 1° *Electrotonus des nerfs et des muscles.*

Quand on fait passer par un point d'un nerf vivant un courant constant (courant excitateur) de même sens que le courant propre du nerf, le courant propre du nerf est renforcé (*phase positive de l'électrotonus*). Quand le courant excitateur est de sens contraire, le courant nerveux, au contraire, est diminué (*phase négative de l'électrotonus*). Ces variations du courant nerveux ne se restreignent pas à la partie de nerf comprise entre les deux pôles de la pile excitatrice, mais s'étendent de chaque côté, au delà de la région intra-polaire, jusqu'aux deux extrémités du nerf. Tout le nerf subit donc un état électrique spécial qui se traduit au galvanomètre par un courant *de même sens* que le courant excitateur; cet état constitue l'électrotonus (Dubois-Reymond, Pfüger, etc.). Fick, Erb, E. Cyon ont obtenu sur les nerfs de l'homme vivant des résultats qui concordent avec ceux obtenus sur les nerfs de la grenouille. Dans les muscles, l'électrotonus ne s'étend pas au delà de la partie du muscle traversée par le courant excitateur.

Pour expliquer les phénomènes de l'électrotonus, on suppose les fibres nerveuses (voir page 731) composées d'une infinité de petits éléments







































## QUATRIÈME PARTIE

### PHYSIOLOGIE DE L'ESPÈCE

---

#### PREMIÈRE SECTION

#### DE L'ESPÈCE EN GÉNÉRAL

##### 1° *Caractères de l'espèce.*

Il y a deux opinions en présence sur le sens qu'il faut donner au mot espèce. Les uns, comme Lamarck, Darwin, etc., considèrent l'espèce comme l'ensemble des individus tout à fait semblables entre eux par leur organisation ou ne différant les uns des autres que par des nuances très-légères. Dans cette définition de l'espèce, on fait intervenir non pas un seul caractère, mais tous les caractères anatomiques et physiologiques suivant leur importance fonctionnelle, et il en résulte que, d'après cette opinion, qui me paraît la vraie, l'espèce, de même que la race et la variété, n'est qu'une *catégorie* purement rationnelle et qui n'a par conséquent rien d'absolu.

Les autres, comme Linné, Buffon, Cuvier, Agassiz et la plupart des naturalistes français, considèrent l'espèce comme quelque chose d'absolu, de primordial et d'immuable. La définition *orthodoxe*, qui n'est plus admise que par les théologiens, est la suivante : l'espèce est l'ensemble des individus qui descendent en droite ligne et sans mélange d'un couple unique et primordial. Seulement les naturalistes, voyant l'impossibilité de soutenir un seul moment cette définition, ont introduit dans la notion de l'espèce un facteur nouveau, la reproduction. L'espèce est devenue l'ensemble des individus semblables, susceptibles de se féconder















Le tableau suivant donne les classifications des races humaines d'après d'Omalus d'Halloy.

*Classification d'Omalus d'Halloy.*

RACES.	RAMBEAUX.	FAMILLES.	PEUPLES.
Blanche.	Européen.	Teutonne. . . .	Germains. Scandinaves. Anglais. Français. Hispaniens. Italiens. Valaques.
		Latine . . . .	Grecs. Albanais.
		Grecque . . . .	Russes Bulgares. Serbes.
		Slave. . . . .	Slovinces (Carniole, Carinthie, Styrie). Wendes (Poméranie, Mecklembourg). Tchèques (Bohême, Moravie). Polonais.
			Lithuaniens.
			Gaëls (Irlande, Écosse).
			Kymris (Gallois, Bretons).
		Basque.	
		Berbère.	
		Copte.	
		Sémitique. . . .	Arabes. Juifs. Syriens.
			Persans.
			Afghans.
	Araméen. . . .	Persique . . . .	Béloutchis. Kourdes. Arméniens.
			Ossètes (Caucase).
		Géorgienne.	
		Scythique. . . .	Circassiens. Magyars. Turcs.
			Finnois.

RACES.	RAMEAUX.	FAMILLES.	PEUPLES.
Jaune.	Hyperboréen.	Laponne.	
		Samolède.	
		Iéniaséenne.	
		Inkaghise.	
		Koriaké.	
		Kamtchadale.	
		Esquimaux.	
		Iakoute.	
	Mongol.	Mongole.	Kalmouks.
			Mongols.
			Bouriates.
Brune.		Toungouse.	Toungouses.
			Mandchoux.
	Sinique.	Tibétaine.	
		Chinoise.	
		Coréenne.	
		Japonaise.	
	Éthiopien.	Abyssiniens.	
		Peuls.	
	Hindou.	Hindoue.	
		Malabare.	
	Indo-chinois.	Birmans.	
		Péguans.	
		Siamois.	
		Annamites.	
		Cambodgiens.	
	Malais.	Malais.	
		Polynésiens.	
		Micronésiens.	
Rouge.	Méridional.	Quichuas (Pérou, Équateur).	
		Antisiens (Bolivie).	
		Araucaniens.	
		Pampéens (Patagonie, Rio-Colorado).	
		Chiquitéens (Bolivie).	
		Moxéens.	
		Guaraniens.	
		Nahuatis (Nicaragua).	
		Otomis (Mexique).	
		Floridiens.	
	Septentrional.	Iroquois.	
		Delawares.	
		Sioux.	
		Apaches.	
		Peuplades du Nord.	











*Journal de Anatomie* de ROBIN, depuis 1864. — *Archives de physiologie* depuis 1864. — *Revue des sciences médicales* de HAYEM. — *Jon. MÜLLER's Archiv*. — *Archiv für Anatomie und Physiologie* de REICHERT et DU BOIS REYMOND. — *Archiv für die gesamte Physiologie* de F.-W. PFLÜGER. — *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig* de LUDWIG. — *Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte in der gesamten Medizin*, par VIRCHOW et HIRSCH. — *Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie*, par J. HENLE et F. MEISSNER. — *Jahresberichte über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie*, par F. HOFMANN et G. SCHWALBE. — *Centralblatt für die medizinischen Wissenschaften*. — *Journal of anatomy and physiology*, etc. — Consulter aussi les Comptes rendus des Sociétés savantes et en particulier les Comptes rendus de l'Académie des sciences, etc.

---



## NOTES ADDITIONNELLES

---

### NOTE I.

**HAYEM : *De la numération des globules du sang.*** (Addition à la page 84.)

On fait le mélange du sang et du sérum (liquide albumineux, sérum iodé) dans une petite éprouvette; le sang et le sérum ayant été aspirés dans des pipettes graduées, on connaît la quantité qu'on en a prise et par suite le titre du mélange. On dépose une goutte du mélange dans une cellule formée par une lamelle de verre épaisse de  $\frac{1}{8}$  de millimètre, perforée à son centre et collée sur une lame de verre, et on recouvre d'une lamelle de verre. L'oculaire du microscope contient un micromètre oculaire, qui porte un carré divisé de  $\frac{1}{8}$  de millimètre de côté, valeur de l'épaisseur de la cellule qui contient le mélange; le carré divisé de l'oculaire donne donc à l'œil de l'observateur la projection d'un cube de  $\frac{1}{8}$  de millimètre de côté, et en comptant les globules contenus dans ce carré, on aura le nombre de globules contenus dans un cube de  $\frac{1}{8}$  de millimètre de côté; en multipliant par 25, on aura le nombre de globules renfermés dans 1 millimètre cube du mélange, et en multipliant ce chiffre par le titre du mélange, on aura le nombre de globules contenus dans 1 millimètre cube de sang.

Dans ce procédé comme dans tous les procédés connus jusqu'ici, les causes d'erreur sont très-nombreuses. (*Gazette hebdomadaire*, 1875, n° 19.)

### NOTE II.

***De l'acide du suc gastrique.*** (Addition à la page 159.)

Contrairement aux recherches de Laborde, R. Maly n'a pu constater la présence de l'acide lactique dans le suc gastrique. La question, en somme, en étant toujours au même point, il me paraît inutile d'entrer dans plus de détails.

### NOTE III.

***Vitesse de la transmission nerveuse dans les nerfs et dans la moelle.***  
(Addition aux pages 300 et 1029.)

Dans des recherches récentes, pour le détail desquelles je renvoie au mémoire de l'auteur, Bloch arrive à des conclusions qui contredisent sur



« ciale dans l'étude des centres nerveux, puisqu'il permet d'atteindre les  
 « parties profondes inaccessibles jusqu'ici à l'instrument, ou accessibles  
 « seulement au prix des plus graves mutilations. Ce procédé peut aussi re-  
 « cevoir, comme on le verra plus bas, une plus grande extension.

« Le manuel opératoire est très-simple. Comme instruments, un perfora-  
 « teur, s'il y a des os à traverser; une canule à trocart qu'on enfonce à une  
 « profondeur déterminée d'avance dans une direction donnée, et une se-  
 « ringue à injection sous-cutanée.

« Le choix de la substance à injecter varie évidemment suivant le but à  
 « atteindre. Les liquides injectés peuvent être :

« 1° Des liquides *inertes* agissant mécaniquement par pression et disten-  
 « sion;

« 2° Des liquides *corrosifs*, détruisant la substance organique avec laquelle  
 « ils sont en contact;

« 3° Des liquides *diffusibles* pouvant se mélanger aux sucs propres de l'or-  
 « gane ou du tissu, et agir sur lui par leurs propriétés médicamenteuses et  
 « toxiques;

« 4° Des liquides *solidifiables* susceptibles de se solidifier après l'injection,  
 « agissant d'abord mécaniquement, puis comme corps étrangers irritants  
 « sur les tissus.

« On pourra, du reste, faire varier, suivant les cas et dans les limites les  
 « plus étendues, la température de ces différents liquides.

« Il est préférable d'employer les liquides colorés naturellement ou arti-  
 « ficiellement, pour pouvoir à l'autopsie retrouver exactement les limites et  
 « l'étendue de leur sphère d'activité.

« Les *injections interstitielles* ouvrent donc un nouveau et vaste champ à  
 « la physiologie expérimentale et en particulier à celle, des centres ner-  
 « veux. Elles peuvent aussi servir aux recherches de physiologie patholo-  
 « gique et de thérapeutique.

« Les expériences à l'appui, dont la première a été faite dans mon cabinet  
 « à la Faculté de médecine de Strasbourg, le 9 mai 1868, seront ultérieu-  
 « rement communiquées à l'Académie. »

Le pli cacheté qui contenait cette note n'a été ouvert que dans la séance  
 de l'Académie du 23 juillet 1872, mais, dès 1868, une partie des expériences  
 avaient été répétées publiquement dans mes conférences de physiologie à la  
 Faculté de médecine de Strasbourg.





	Page.		Page.
Acide inosique. . . . .	54	Age, son influence sur la tempé- rature du corps . . . . .	723
— lactique. . . . .	54	— Son influence sur la voix. . . . .	596
— — (Origine de l') . . . . .	535	— — articulée. . . . .	610
— libre du suc gastrique. . . . .	159, 1100	— — le lait . . . . .	129
— margarique. . . . .	54	— — l'élimination de l'acide car- bonique. . . . .	415
— oléique. . . . .	54	— — le sang. . . . .	105
— oxalique. . . . .	54, 121	— — les mouvements respiratoires . . . . .	571
— — (Origine de l') . . . . .	535	— — sur l'urine . . . . .	121
— oxalorique . . . . .	54	— viril . . . . .	4058
— palmitique . . . . .	54	Agglutination des sons articulés. . . . .	616
— paralaclique . . . . .	54	Agonie. . . . .	1069
— peptique. . . . .	389	Aiguille aethésiométrique . . . . .	875
— phénique. . . . .	65	Air complémentaire . . . . .	426
— phosphoglycérique. . . . .	55, 531	— expiré . . . . .	434
— pneumique . . . . .	55	— — (Composition de l') . . . . .	424
— propionique . . . . .	55	— — (Température de l') . . . . .	425
— sarcolactique . . . . .	55	— — (Volume de l') . . . . .	425
— stéarique . . . . .	55	— inspiré . . . . .	422
— succinique . . . . .	55	— — (Composition de l') . . . . .	422
— sulfocyanhydrique. . . . .	55	— — (État hygrométrique de l') . . . . .	423
— taurocholique. . . . .	56	— — (Pression de l') . . . . .	423
— taurylique . . . . .	56	— — (Température de l') . . . . .	423
— urique. . . . .	56, 120	Albuminate basique . . . . .	57
— — (Dosage de l') . . . . .	118	Albumine acide . . . . .	57
— — (Origine de l') . . . . .	525	— coagulée (Digestion de l') . . . . .	365
Acides . . . . .	194	— crue (Digestion de l') . . . . .	365
— aromatiques (Origine des). . . . .	535	— de l'œuf. . . . .	57
— biliaires . . . . .	51, 130	— du sérum . . . . .	57
— — (Origine des). . . . .	521	Albuminoïdes. . . . .	50, 58
— gras volatils (Origine des). . . . .	534	— (Action de la bile sur les) . . . . .	385
— inorganiques . . . . .	45	— (Action du suc gastrique sur les) . . . . .	382
— organiques. . . . .	46, 49	— (Action du suc intestinal sur les) . . . . .	398
— végétaux dans l'alimentation. . . . .	367	— (Action du suc pancréatique sur les) . . . . .	393
Aconitine . . . . .	1039	— (Caractères des). . . . .	53
Actes instinctifs . . . . .	316	— (Classification des) . . . . .	59
— intimes de la nutrition. . . . .	322	— de l'alimentation . . . . .	566
— psychiques . . . . .	517	— de l'organisme . . . . .	393
Action des muscles de l'œil. . . . .	838	— (Digestion des) . . . . .	407
— psychique de la moelle . . . . .	917	— (Réactions des) . . . . .	50
— réflexe . . . . .	369	Albuminose . . . . .	59, 383
— — de la moelle . . . . .	932	— de cuisson. . . . .	390
Actions nerveuses d'arrêt. . . . .	320	Alcals. . . . .	136
Activité cérébrale, son influence sur l'urine. . . . .	123	Alcaloïdes. . . . .	1000
Acuité de la vue . . . . .	773	— dans l'alimentation . . . . .	396
Adaptation (voir : Accommodation).		Alcapnone. . . . .	60
Adolescence. . . . .	1053	Alcool . . . . .	60, 1073
Aérotomètre. . . . .	438	— dans l'alimentation . . . . .	396
Æsthésiètre. . . . .	877	— méthylique . . . . .	1076
— de Liégeois . . . . .	888	— samylique. . . . .	1076
Æsthésiométrique (Aiguille) . . . . .	875	Alcools. . . . .	48, 192
Affinité élective des cellules . . . . .	216	Aldéhyde . . . . .	1076
Age de bronze. . . . .	1087	Aldéhydes. . . . .	122
— de fer. . . . .	1087	Alimentaires (Substances) . . . . .	103
— de la pierre brute. . . . .	1096		
— de la pierre polie . . . . .	1097		











	Pages.		Pages.
Digestions artificielles (Vitesse des) . . . . .	387	Dosage des globules rouges . . . . .	101
Digitaline . . . . .	1082	Douleur . . . . .	897
Dilatateurs (Nerfs) . . . . .	967	Dualisme . . . . .	14
Dioptrique oculaire . . . . .	759	Durée de la circulation . . . . .	697
Diplopie binoculaire . . . . .	843	— de la sensation auditive . . . . .	749
Direction des objets . . . . .	855	— de la vibration sonore . . . . .	580
Disques papillotants . . . . .	830	Durété de l'ouïe . . . . .	749
— rotatifs . . . . .	809	— d'un intervalle . . . . .	753
— stroboscopiques . . . . .	811	— du pouls . . . . .	674
Dissociation . . . . .	183, 450	Dynamides . . . . .	2
Dissonance . . . . .	754	Dynamique . . . . .	4, 16
Distance des objets de l'œil . . . . .	855	Dynamomètre . . . . .	545
Dosage de l'acide urique . . . . .	118	Dyschromatopsie . . . . .	826
— de l'hémoglobine . . . . .	102	Dyslysine . . . . .	63
— de l'urée . . . . .	118	Dyspeptone . . . . .	63, 383
		Dyspnée . . . . .	576

## E

Eau dans l'organisme . . . . .	41	Endosmose . . . . .	233
— comme aliment . . . . .	353	Enduit imperméable sur la peau . . . . .	720
— formée dans l'organisme (Origine de l') . . . . .	586	Enfance (Première) . . . . .	1051
Eaux-de-vie . . . . .	377	— (Seconde) . . . . .	1052
Échanges gazeux respiratoires . . . . .	440	Enregistreurs (Appareils) . . . . .	xiii
Échelles typographiques . . . . .	793	Entérographes . . . . .	630
Ectoderme . . . . .	351	Entoptiques (Phénomènes) . . . . .	784
Effort . . . . .	573	Entotiques (Sensations) . . . . .	749
Éjaculation . . . . .	1039	Épidermose . . . . .	64
Élasticine . . . . .	64	Épigonèse . . . . .	353
Élasticité artérielle . . . . .	666	Épileptogène (Zone) . . . . .	969
— musculaire . . . . .	256	Épithéliale (Mue) . . . . .	211
— pulmonaire . . . . .	564	Épithélium . . . . .	236
Élastine . . . . .	64	— (Capacité d'imbibition de l') . . . . .	240
Élastomètre . . . . .	234	— (Cohésion de l') . . . . .	240
Électricité animale . . . . .	724	— (Conductibilité de l') . . . . .	240
— (Influence de l') . . . . .	1066	— (Consistance de l') . . . . .	239
Électrisation de l'encéphale . . . . .	990	— (Continuité de l') . . . . .	237
Électro-capillaires (Phénomènes) . . . . .	730	— (Élasticité de l') . . . . .	240
Électrodes . . . . .	xxvi	— glandulaire . . . . .	238
— impolarisables . . . . .	xxvi	— (Multiplication de l') . . . . .	241
Électrolytique (Cautérisation) . . . . .	991	— (Nutrition de l') . . . . .	241
Électrotonus . . . . .	1068	— (Physiologie de l') . . . . .	236
Élimination . . . . .	328	— (Propriétés endosmotiques de l') . . . . .	210
— d'acide carbonique . . . . .	442, 451	— (Propriétés physiques de l') . . . . .	239
Emboîtement des germes . . . . .	353	— (Rôle protecteur de l') . . . . .	242
Embryogène (Vésicule) . . . . .	348	— (Sensibilité de l') . . . . .	242
Embryon (Physiologie de l') . . . . .	1044	— simple . . . . .	236
Émission du son . . . . .	589	— Son rôle dans l'absorption . . . . .	243
Emmètrepe (Œil) . . . . .	777	— — dans l'élimination . . . . .	244
Emmétropie . . . . .	777	— stratifié . . . . .	236
Émotions . . . . .	309, 1024	— tégumentaire . . . . .	238
Encéphale (Physiologie de l') . . . . .	990	— (Transparence de l') . . . . .	240
Endoderme . . . . .	351	Équation personnelle . . . . .	1030





	Pages.		Pages.
Fibrine musculaire (Digestion de la) . . . . .	885	Focal postérieur (Point) . . . . .	762
— soluble . . . . .	91	Fœtale (Circulation) . . . . .	1047
Fibrinogène (Substance) . . . . .	65	Fœtus (Physiologie du) . . . . .	1044
Fibrinoplastique (Substance) . . . . .	65	Foie . . . . .	453
Filtration . . . . .	232	— (Chimie du) . . . . .	176
Finesse de l'ouïe . . . . .	749	— comme organe hématopoïétique . . . . .	493
Fissiparité . . . . .	221, 346	— (Physiologie du) . . . . .	493
Fistules amphiboles . . . . .	128	— statique d'un muscle . . . . .	275
— biliaires . . . . .	128, 397	— (Production de graisse dans le) . . . . .	493
— du canal cholédoque . . . . .	128	Force . . . . .	1, 3
— du canal thoracique . . . . .	108	Forces physico-chimiques . . . . .	4
— gastriques . . . . .	156	— vitales . . . . .	7
— intestinales . . . . .	166	Formation de la graisse de l'organisme . . . . .	516
— pancréatiques . . . . .	161	— des albuminoïdes de l'organisme . . . . .	515
— — permanentes . . . . .	162	— des glandes . . . . .	239
— — temporaires . . . . .	161	— du blastoderme . . . . .	351
— parotidiennes . . . . .	145	— physiologique des mots . . . . .	615
— salivaires . . . . .	145	Forme de la vibration sonore . . . . .	590
— sous-maxillaires . . . . .	146	Fosse centrale . . . . .	604
— stomacales . . . . .	155	Foyer principal . . . . .	762
— sublinguales . . . . .	146	— secondaire . . . . .	762
Flammes manométriques . . . . .	600	Fréquence des pulsations du cœur . . . . .	660
Focal (Plan) . . . . .	762	— du pouls . . . . .	673
— antérieur (Plan) . . . . .	762	Fruits . . . . .	376
— antérieur (Point) . . . . .	762	Fusion des images doubles . . . . .	845
— postérieur (Plan) . . . . .	762	— des secousses musculaires . . . . .	270

## G

Gaine de Schwann . . . . .	286	Génération . . . . .	343
Galvanomètre . . . . .	724	— alternante . . . . .	351
Galvanoscopique (Patte) . . . . .	725	— asexuelle . . . . .	346
Gamme majeure . . . . .	745	— endogène . . . . .	220
— mineure . . . . .	746	— équivoque . . . . .	343
— tempérée . . . . .	747	— par bourgeonnement . . . . .	221, 346
Ganglion de Meckel . . . . .	913	— par germes . . . . .	346
— gémulé . . . . .	928	— par scission . . . . .	221
— ophthalmique . . . . .	911	— par spores . . . . .	346
— otique . . . . .	919	— protoplasmique . . . . .	219
— sous-maxillaire . . . . .	920	— sexuelle . . . . .	346
— sphéno-palatin . . . . .	913	— spontanée . . . . .	343
Gaz de la bile . . . . .	131	Genèse des corps . . . . .	16
— de la lymphe . . . . .	110	— des globules rouges . . . . .	87
— de l'urine . . . . .	117	Glandes buccales (Liquide des) . . . . .	150
— du corps humain . . . . .	76	— de Cooper (Liquide des) . . . . .	144
— du gros intestin . . . . .	406	— du canal déférent (Liquide des) . . . . .	144
— du lait . . . . .	137	— flottantes . . . . .	103
— du sang . . . . .	92, 95	— (Formation des) . . . . .	239
— — (Extraction des) . . . . .	92	— lymphatiques (Chimie des) . . . . .	179
Gélatine . . . . .	65	— — (Physiologie des) . . . . .	495
— (Digestion de la) . . . . .	385, 407	— salivaires (Chimie des) . . . . .	178
Gemmiparité . . . . .	221, 346	— vasculaires sanguines . . . . .	494











## N

	Pages.		Pages.
Naissances . . . . .	1043	Nerfs (Fatigue des) . . . . .	300
Naphtylamine . . . . .	72	— glandulaires . . . . .	971
Narcéine . . . . .	1078	— (Nutrition des) . . . . .	292
Narcotine . . . . .	1078	— (Physiologie des) . . . . .	291, 898
Narcotiques . . . . .	1077	— (Points excitables des) . . . . .	295
Nasalisation . . . . .	611	— (Production de chaleur dans les) . . . . .	292
Nature des principes de l'erga-		— (Propriétés physiologiques des) . . . . .	292
nisme . . . . .	191	— (Propriétés physiques des) . . . . .	291
Nausée . . . . .	628	— rachidiens . . . . .	898, 901
Néphrotomie . . . . .	453	— (Régénération autogène des) . . . . .	293
Nerf auditif . . . . .	929	— salivaires . . . . .	917, 920, 927
— centrifuge . . . . .	290	— trophiques . . . . .	973
— centripète . . . . .	290	— vasculaires . . . . .	959
— crural (Section du) . . . . .	899	— vaso-dilatateurs . . . . .	967
— de Jacobson . . . . .	933	— vaso-moteurs . . . . .	960
— de Wrisberg . . . . .	928	Neurine . . . . .	72, 531
— facial . . . . .	922	Névrine . . . . .	72
— glosso-pharyngien . . . . .	930	Nicotine . . . . .	1080
— grand hypoglosse . . . . .	951	Nodal (Point) . . . . .	761
— grand sympathique . . . . .	974	<i>Nodus cursorius</i> . . . . .	1004
— intercellulaire . . . . .	290	Nœmatachographe . . . . .	1030
— intercentral . . . . .	290	Nœmatachomètre . . . . .	1030
— lacrymal . . . . .	908	Nœud vital . . . . .	993
— maxillaire inférieur . . . . .	914	Nombre des mouvements respira-	
— — supérieur . . . . .	911	toires . . . . .	571
— médian (Section du) . . . . .	899	— des vibrations . . . . .	580
— moteur . . . . .	290	Note fondamentale . . . . .	745
— moteur oculaire commun . . . . .	903	Notes additionnelles . . . . .	1100
— — externe . . . . .	922	— de la gamme . . . . .	745
— olfactif . . . . .	902	Notions fournies par la vue . . . . .	849, 854
— ophthalmique de Willis . . . . .	906	Nouveau-né (Physiologie du) . . . . .	1050
— optique . . . . .	902	Noyau de cellule . . . . .	214
— pathétique . . . . .	905	Nucléine . . . . .	72
— phrénique (Section du) . . . . .	899	Nucléole . . . . .	214
— pneumogastrique . . . . .	933	Numération des globules rou-	
— sciatique (Section du) . . . . .	899	ges . . . . .	84, 1100
— spinal . . . . .	948	Nutrition . . . . .	321
— trijumeau . . . . .	906	— (Actes intimes de la) . . . . .	322
Nerfs (Capacité d'imbibition des) . . . . .	291	— cellulaire . . . . .	216
— ciliaires . . . . .	907	— des carnivores . . . . .	511
— (Cohésion des) . . . . .	291	— des épithéliums . . . . .	241
— (Consistance des) . . . . .	291	— des herbivores . . . . .	511
— des organes circulatoires . . . . .	953	— des omnivores . . . . .	512
— dilatateurs . . . . .	967	— (Influence de l'exercice muscu-	
— du goût . . . . .	916, 927, 932	laire sur la) . . . . .	512
— (Élasticité des) . . . . .	291	— (Phénomènes généraux de la) . . . . .	332
— (Excitants accidentels des) . . . . .	295	— (Statique de la) . . . . .	500
— (Excitants physiologiques des) . . . . .	295		





	Page.		Page.
1). . . . .	655	Plan transversal. . . . .	834
. . . . .	806	. . . . .	834
. . . . .	725	. . . . .	100
. . . . .	863	. . . . .	173
. . . . .	568	— sanguin. . . . .	90
. . . . .	570	. . . . .	73, 91
Péduncules cérébraux (Physiolo-		. . . . .	206
gie des) . . . . .	989	. . . . .	428
Pepsine. . . . .	158	Herp. . . . .	503
— (Rôle de la). . . . .	399	. . . . .	500
Peptogènes. . . . .	159, 477	. . . . .	500
Peptones. . . . .	73, 382	. . . . .	428
— (Production artificielle des) . . . . .	390	. . . . .	834
Perceptions. . . . .	1022	— de regard. . . . .	834
— visuelles. . . . .	849	— focal antérieur. . . . .	768
— — (Caractères des) . . . . .	849	— — postérieur. . . . .	762
— — (Continuité) . . . . .	853	— nodal. . . . .	761
— — . . . . .	851	— principal. . . . .	762
. . . . .	1076	Points cardinaux. . . . .	763
organismes. . . . .	31	nerfs. . . . .	295
. . . . .	841	. . . . .	846
forces. . . . .	2	pouls. . . . .	673
. . . . .	2	du) . . . . .	XVI
. . . . .	16	. . . . .	215
. . . . .	XXVII	. . . . .	59
. . . . .	720	du thorax. . . . .	362
. . . . .	463	. . . . .	335
. . . . .	928	. . . . .	265
la. . . . .	674	— tertiaire de l'œil. . . . .	835
. . . . .	830	Potasse (Sels de). . . . .	361
. . . . .	811	Pouls. . . . .	666, 671
Phénol. . . . .	73	— (Caractères du) . . . . .	672
Phénomènes post-digestifs dans		— (Dicrotisme du) . . . . .	673
l'intestin. . . . .	415	— dur. . . . .	674
. . . . .	857	— fréquent. . . . .	673
Phonation. . . . .	577	— grand. . . . .	674
Phosphates de l'alimentation. . . . .	363	— lent. . . . .	673
— de l'organisme. . . . .	537	— mou. . . . .	674
Phosphène d'accommodation. . . . .	799	— petit. . . . .	674
Phosphènes. . . . .	799	— rare. . . . .	672
Photomètre de Rumford. . . . .	809	— vite. . . . .	673
Phrénographe de Roessenthal. . . . .	561	Poumons (Chimie des) . . . . .	178
Physiologie. . . . .	1	Préfécondation. . . . .	349, 369
Physostigmine. . . . .	1081	Première enfance. . . . .	1051
Plécomètres. . . . .	638	Presbyopie. . . . .	791
Pince myographique de Marey. . . . .	265	Presbytie. . . . .	791
Piqûre diabétique. . . . .	994	. . . . .	567
Placenta (Physiologie du). . . . .	1044	— artérielle. . . . .	690
Plan de regard. . . . .	834	— atmosphérique. . . . .	1064
— de visée. . . . .	834	— cardiaque. . . . .	691
— focal. . . . .	762	— dans les capillaires. . . . .	690
— frontal. . . . .	834	— de l'air intra-pulmonaire. . . . .	433, 436
— médian. . . . .	834	— de réplétion. . . . .	691
— nodal. . . . .	762	— des gaz du sang. . . . .	433
— principal. . . . .	762	— intra-oculaire. . . . .	861
— sagittal. . . . .	834	— (Ligne de) . . . . .	638



	Pages.		Pages.
Réflexes (Mouvements) . . . . .	309	Respiration cutanée . . . . .	451
— (Sécrétions) . . . . .	315	— dans une enceinte fermée . . . .	448
Réflexion de la lumière . . . . .	760	— des tissus . . . . .	331
Réfraction de la lumière . . . . .	760	— diaphragmatique . . . . .	573
— oculaire . . . . .	791	— interne . . . . .	331, 450
Réfrigération de l'encéphale . . . .	991	— intestinale . . . . .	452
Régénération . . . . .	340	— (Physiologie comparée de la) . .	452
— de la moelle . . . . .	989	— pulmonaire . . . . .	421
Région des crampes . . . . .	998	— (Théories de la) . . . . .	450
Régions d'articulation . . . . .	599, 606	— thoracique . . . . .	572
Registres de la voix humaine . . . .	593	— végétale . . . . .	26, 27
Régulateurs . . . . .	xxii	Rétentivité . . . . .	318
Régurgitation . . . . .	629	Rétine (Excitants de la) . . . . .	799
Reins (Chimie des) . . . . .	177	— (Lumière propre de la) . . . . .	800
— (Physiologie des) . . . . .	453	— (Parties périphériques de la) . .	805
Releveur de la paupière supérieure	903	Rétinienne (Caractères de l'excita-	
Renifler (Le) . . . . .	574	tion) . . . . .	810
Renouvellement de l'air dans les		— (Conditions de l'excitation) . . .	807
poumons . . . . .	432	— (Durée de l'excitation) . . . . .	808
Répartition de la chaleur dans l'or-		— (Excitabilité) . . . . .	800
ganisme . . . . .	714	— (Excitation) . . . . .	799
Représentation géométrique des		— (Fatigue) . . . . .	812
couleurs . . . . .	823	— (Mode de l'excitation) . . . . .	805
Reproduction . . . . .	343, 1032	— (Nature de l'excitation) . . . . .	805
Réserve organique . . . . .	341	Réviviscence . . . . .	313
Résidu respiratoire . . . . .	426	Rythme des mouvements respira-	
Résonnateurs . . . . .	583	toires . . . . .	568
Résorption de la bile dans l'in-		Rigidité cadavérique . . . . .	280, 285
testin . . . . .	397	Rire . . . . .	574
— interstitielle . . . . .	330	Rôle physiologique du sang . . . .	106
— respiratoire . . . . .	428	Rotatifs (Disques) . . . . .	809
Respiration abdominale . . . . .	572	Rotation (Mouvements de) . . . .	1008
— claviculaire . . . . .	572	Rumination . . . . .	403
— costale . . . . .	572		

## S

Saccharates . . . . .	365	Salives partielles . . . . .	146, 381
Salive . . . . .	145	Sang . . . . .	81, 83
— (Analyse de la) . . . . .	153	— (Analyse du) . . . . .	100
— artificielle . . . . .	146	— artériel . . . . .	103
— (Composition chimique de la) . .	152	— (Coagulation du) . . . . .	97
— de la corde du tympan . . . . .	149	— (Couleur du) . . . . .	96
— du ganglion sous-maxillaire . .	150	— de la rate . . . . .	104, 497, 1101
— mixte . . . . .	150	— des vaisseaux placentaires . . .	165
— paralytique . . . . .	150	— (Digestion du) . . . . .	387
— parotidienne . . . . .	145, 146	— (Extraction des gaz du) . . . . .	92
— (Physiologie comparée de la) . .	151	— (Gaz du) . . . . .	92, 95
— (Quantité de) . . . . .	151	— (Influence des divers états de	
— (Rôle physiologique de la) . . .	154	l'organisme sur le) . . . . .	105
— Son action sur les aliments . . .	379	— menstruel . . . . .	105
— sous-maxillaire . . . . .	116, 147	— (Odeur du) . . . . .	96
— sublinguale . . . . .	146, 150	— (Pression des gaz du) . . . . .	438
— sympathique . . . . .	149	— (Quantité du) . . . . .	100







	Pages.		Pages.
Toxicologie physiologique . . . . .	1073	Transsudations glandulaires . . . . .	245
Traction (Sensations de) . . . . .	871, 876	Travail mécanique de l'homme . . . . .	545
Transcription figurée des sons articulés . . . . .	614	— — du cœur . . . . .	664
Transformation chimique des cellules . . . . .	223	— — d'un muscle . . . . .	274
Transformisme . . . . .	1058	— — (Production de) . . . . .	538, 712
Transfusion du sang . . . . .	108	— musculaire . . . . .	274
Transmission dans le bulbe . . . . .	992	Trichlorhydrine . . . . .	1077
— dans la moelle . . . . .	979	Trijumeau (Nerf) . . . . .	906
— dans la protubérance . . . . .	997	Triméthylamine . . . . .	74
— de la secousse musculaire . . . . .	269	Trioléine (voir : <i>Oléine</i> ).	
— des vibrations sonores . . . . .	734, 736, 741	Tripalmitine (voir : <i>Palmitine</i> ).	
— nerveuse . . . . .	296	Tristéarine (voir : <i>Stéarine</i> ).	
— — (Vitesse de la) . . . . .	299	Trophiques (Nerfs) . . . . .	973
Transpirabilité . . . . .	611	Tube de Hales . . . . .	681
Transpiration de Graham . . . . .	640	Tubercules quadrijumeaux (Physiologie des) . . . . .	1000
Transplantation organique . . . . .	310	Tubes nerveux . . . . .	296
Transsudation interstitielle . . . . .	329	Types respiratoires . . . . .	572
Transsudations . . . . .	115	Tyrosine . . . . .	74
		— (Origine de la) . . . . .	530

## U

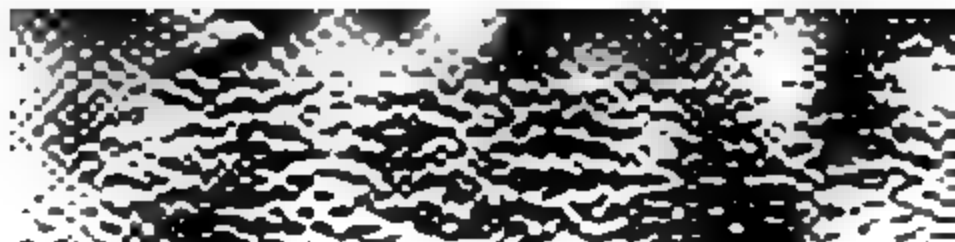
Unicisme . . . . .	14	Urine (Influence des divers états de l'organisme sur l') . . . . .	121
Urée . . . . .	75, 120	— (Matières colorantes de l') . . . . .	117
— (Dosage de l') . . . . .	118	— (Principes azotés de l') . . . . .	116
— (Origine de l') . . . . .	523	— (Principes non azotés de l') . . . . .	116
Uréides . . . . .	199	— (Rôle physiologique de l') . . . . .	125
Urémie . . . . .	454	— (Substances inorganiques de l') . . . . .	117
Urinaire (Fermentation) . . . . .	119	— (Variation de composition de l') . . . . .	119
Urine . . . . .	116	Urobiline . . . . .	75
— (Altérations spontanées de l') . . . . .	119	— (Origine de l') . . . . .	521
— (Analyse de l') . . . . .	118	Urochrome . . . . .	75
— (Caractères chimiques de l') . . . . .	116	Uroérythrine . . . . .	521
— (Composition de l') . . . . .	119	Uroglaucine . . . . .	75
— des carnivores . . . . .	124	Urrhodine . . . . .	75
— des herbivores . . . . .	124		
— (Gaz de l') . . . . .	117		

## V

Vacuoles . . . . .	211	Vératrine . . . . .	1082
Variabilité des espèces . . . . .	1089	Vernix caseosa . . . . .	1046
Variation négative des nerfs . . . . .	291, 729	Vésicule embryogène . . . . .	348
Vaso-constricteurs (Nerfs) . . . . .	960	Vésicules séminales (Liquide des) . . . . .	141
Vaso-dilatateurs (Nerfs) . . . . .	967	Viande bouillie . . . . .	372
Vaso-moteurs (Nerfs) . . . . .	960	— (Extrait de) . . . . .	373
Végétaux (Caractères des) . . . . .	26	— fumée . . . . .	374
Ventilation pulmonaire . . . . .	421, 562	— rôtie . . . . .	372
Ventricules (Mouvements des) . . . . .	655	— salée . . . . .	373
Ventriloque . . . . .	611	Vibration . . . . .	578







## TABLE DES FIGURES

	Pages.
Fig. I. Courbes de la contraction musculaire prises avec deux vitesses différentes. . . . .	XV
— II. Tambour du polygraphe de Marey. . . . .	XVI
— III. Cylindre enregistreur. . . . .	XVIII
— IV. Courbes de la contraction musculaire disposées en imbrication latérale. . . . .	XX
— V. Étuve avec son régulateur à mercure. . . . .	XXI
— VI. Régulateur par dilatation de l'air. . . . .	XXII
— VII. Régulateur de Schloesing. . . . .	XXIII
— VIII. Pincettes de Pulvermacher. . . . .	XXIII
— IX. Appareil à chariot de Du Bois Reymond. . . . .	XXIV
— X. Levier-clef de Du Bois Reymond. . . . .	XXV
— XI. Commutateur de Ruhmkorff. . . . .	XXV
— XII. Squelette de grenouille; face dorsale. . . . .	XXXI
— XIII. Squelette de grenouille; face antérieure. . . . .	XXXIII
— XIV. Appareil musculaire de la grenouille; face dorsale. . . . .	XXXV
— XV. Appareil musculaire de la grenouille; face antérieure. . . . .	XXXVII
— XVI. Système vasculaire de la grenouille. (Cl. Bernard.). . . . .	XXXIX
— XVII. Système nerveux de la grenouille grossi (en partie d'après Ecker). . . . .	XLI
Fig. 1. Schéma de l'organisme. . . . .	39
— 2. Squelette de l'homme et des singes anthropomorphes, d'après Huxley. . . . .	35
— 3. Crânes comparés d'Australien, de chrysothrix et de gorille, d'après Huxley. . . . .	37
— 4. Acide hippurique. . . . .	53
— 5. Oxalate de chaux. . . . .	53
— 6. Acide urique précipité par l'acide acétique. . . . .	56
— 7. Cristaux d'hémine. . . . .	67
— 8. Spectres d'absorption de l'hémoglobine et de l'hématine. . . . .	69
— 9. Cristaux de leucine et de tyrosine. . . . .	71
— 10. Urée. . . . .	75
— 11. Schéma de l'organisme. . . . .	81
— 12. Schéma de l'appareil vasculaire. . . . .	82
— 13. Globules du sang. . . . .	83
— 14. Globules du sang de grenouille. . . . .	86
— 15. Globules du sang de l'embryon humain. . . . .	88



	Pages.
<b>Fig. 61. Transmission nerveuse consciente . . . . .</b>	<b>305</b>
— 65. Arc nerveux simple . . . . .	309
— 66. Arc réflexe double. . . . .	310
— 67. Loi des réflexes. . . . .	312
— 68. Superposition des centres réflexes. . . . .	314
— 69. Sécrétion réflexe. . . . .	316
— 70. Épithélium simple et stratifié . . . . .	324
— 71. Ovule . . . . .	347
— 72. Spermatozoïdes . . . . .	348
— 73. Voies de l'absorption digestive . . . . .	413
— 74. Appareil de Regnault et Reiset . . . . .	417
— 75. Appareil de W. Müller. . . . .	419
— 76. Schéma du cône pulmonaire . . . . .	421
— 77. Spiromètre d'Hutchinson. . . . .	427
— 78. Spiromètre d'Hutchinson . . . . .	427
— 79. Spiromètre de Schnepf. . . . .	428
— 80. Anapnographe de Bergeon et Kastus. . . . .	429
— 81. Graphique respiratoire (femme) . . . . .	434
— 82. Enregistrement direct des mouvements de l'air respiré (Bert.) . . . . .	435
— 83. Graphique respiratoire (lapin). . . . .	435
— 84. Nerfs de la glande sous-maxillaire. . . . .	475
— 85. Positions d'un os mobile par rapport à un os fixe. . . . .	541
— 86. Forces qui entrent en jeu dans la marche. . . . .	552
— 87. Positions successives des deux jambes pendant la durée de la marche . . . . .	553
— 88. Graphique de la marche. (Marey.) . . . . .	555
— 89. Graphique de la course (course peu rapide: Marey) . . . . .	557
— 90. Tambour pour recueillir les mouvements du thorax. . . . .	559
— 91. Tambour monté sur un compas. . . . .	559
— 92. Pneumographe modifié de Bert . . . . .	561
— 93. Graphique de la respiration (homme) obtenu par le pneu- mographe. (Marey.) . . . . .	561
— 94. Rapport des poumons et de la cavité thoracique. (Funke.) . . . . .	563
— 95. Graphique de la contraction pulmonaire chez le chien. (Bert.) . . . . .	565
— 96. Graphique de la contraction pulmonaire chez le lézard. (Bert.) . . . . .	565
— 97. Glotte dans l'inspiration modérée. (Mandl.) . . . . .	567
— 98. Glotte dans une inspiration profonde. (Mandl.) . . . . .	567
— 99. Appareil pour enregistrer les changements de la pression intra-abdominale. (Bert.) . . . . .	568
— 100. Graphique respiratoire (lapin). . . . .	569
— 101. Graphique respiratoire (femme) . . . . .	569
— 102. Graphique respiratoire (homme) d'après Marey . . . . .	570
— 103. Diagramme des divers modes de respiration. (Hutchinson.) . . . . .	573
— 104. Graphique du rire. . . . .	575
— 105. Vibration pendulaire. . . . .	579
— 106. Interférence de deux ondes sonores . . . . .	581
— 107. Correspondance de deux ondes sonores. . . . .	581
— 108. Résonnateur d'Helmholtz. . . . .	583



	Page.
Fig. 150. Schéma des cônes artériel et veineux avec interposition des capillaires. (Küss.). . . . .	665
— 151. Schéma de la grande et de la petite circulation. (Küss.). . . . .	665
— 152. Sphygmographe de Vierordt. . . . .	667
— 153. Sphygmographe de Béhier . . . . .	668
— 154. Graphique du pouls . . . . .	668
— 155. Sphygmographe de Longuet . . . . .	669
— 156. Analyse du tracé sphygmographique. . . . .	672
— 157. Tube de Hales . . . . .	681
— 158. Hémodynamomètre de Poiseuille . . . . .	681
— 159. Manomètre compensateur de Marey . . . . .	682
— 160. Manomètre différentiel de Cl. Bernard . . . . .	683
— 161. Kymographion de Ludwig . . . . .	685
— 162. Kymographion de Fick. . . . .	686
— 163. Graphique du cardiographe sur le cheval. (Marey.). . . . .	687
— 164. Courbe des pressions dans le système vasculaire . . . . .	688
— 165. Graphique de la pulsation de l'aorte et de la faciale. (Marey.) . . . .	689
— 166. Hémodromomètre de Volkmann. . . . .	692
— 167. Appareil de Ludwig et Dogiel pour mesurer la vitesse du sang. . . . .	693
— 168. Hémotachomètre de Vierordt. . . . .	694
— 169. Hémodromographe de Chauveau et Lortet . . . . .	695
— 170. Graphique des variations de la vitesse et de la pression du sang dans la carotide du cheval. (Lortet.). . . . .	696
— 171. Graphique de la vitesse et de la pression dans la carotide du cheval. (Lortet.). . . . .	696
— 172. Appareil de Du Bois Reymond pour démontrer les courants nerveux et musculaire. . . . .	721
— 173. Muscle à surface naturelle placé sur les coussinets. . . . .	725
— 174. Muscle à surface artificielle placé sur les coussinets. . . . .	725
— 175. Patte galvanoscopique . . . . .	725
— 176. Direction du courant musculaire . . . . .	726
— 177. Force et direction des courants. . . . .	727
— 178. Schéma de l'intensité des courants dans le cylindre nerveux. . . . .	728
— 179. Disposition des molécules dipolaires dans le muscle. . . . .	732
— 180. Schéma de l'appareil auditif . . . . .	733
— 181. Coupe horizontale de la tête au niveau du conduit auditif externe . . . . .	735
— 182. Mouvement du marteau et de l'enclume . . . . .	739
— 183. Appareil de J. Müller pour la transmission des vibrations dans la caisse du tympan . . . . .	740
— 184. Courbes d'intensité calorifique, lumineuse et chimique des différentes régions du spectre solaire . . . . .	759
— 185. Lois de la réfraction. . . . .	761
— 186. Construction d'un rayon réfracté . . . . .	762
— 187. Construction de l'image d'un objet . . . . .	763
— 188. Système dioptrique centré . . . . .	763
— 189. Construction d'un rayon réfracté . . . . .	765
— 190. Construction de l'image d'un point . . . . .	765



	Pages.
Fig. 238. Nerf maxillaire inférieur. (Figure schématique.) . . . . .	915
— 239. Nerf facial. (Figure schématique.) . . . . .	925
— 240. Nerf glosso-pharyngien. (Figure schématique.) . . . . .	931
— 241. Nerf pneumogastrique. (Figure schématique.) . . . . .	935
— 242. Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques (lapin) . . . . .	942
— 243. Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques. (Deuxième stade.) . . . . .	943
— 244. Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques. (Troisième stade.) . . . . .	944
— 245. Nerf spinal. (Figure schématique.) . . . . .	949
— 246. Nerf hypoglosse. (Figure schématique.) . . . . .	952
— 247. Innervation du cœur. (Figure schématique.) . . . . .	954
— 248. Crâne de lapin; partie postérieure. (Cl. Bernard.) . . . . .	995
— 249. Ciseau pour la piqûre diabétique. . . . .	995
— 250. Coupe d'une tête de lapin. (Cl. Bernard.) . . . . .	996
— 251. Plancher du 4 <sup>e</sup> ventricule chez le lapin. (Cl. Bernard.) . . . . .	996
— 252. Pigeon après l'ablation du cervelet. (Dalton) . . . . .	1006
— 253. Mouvements de manège. . . . .	1009
— 254. Mouvement de rotation en rayon de roue . . . . .	1009
— 255. Pigeon après l'ablation des lobes cérébraux. (Dalton.) . . . . .	1013
— 256. Situation probable des centres moteurs chez l'homme. . . . .	1014
— 257. Spermatozoïdes . . . . .	1033
— 258. Circulation fœtale. (Figure schématique.) . . . . .	1047
— 259. Oreillette droite. . . . .	1048
— 260. Oreillette gauche . . . . .	1048
— 261. Graphique de la dernière respiration. . . . .	1061
— 262. Électrodes éloignées. (Fick.) . . . . .	1067
— 263. Électrodes rapprochées. (Fick.) . . . . .	1067
— 264. Loi de Pflüger, courant ascendant. . . . .	1070
— 265. Loi de Pflüger, courant descendant . . . . .	1071





	Pages.
<i>Article quatrième.</i> — Sécrétions graisseuses. . . . .	135
1. Lait . . . . .	135
2. Matière sébacée et cérumen. . . . .	142
<i>Article cinquième.</i> — Sécrétions albumineuses . . . . .	143
1. Sperme. . . . .	143
2. Mucus . . . . .	144
3. Synovie . . . . .	145
<i>Article sixième.</i> — Sécrétions à ferments ou sécrétions diges- tives . . . . .	145
1. Salive . . . . .	145
2. Suc gastrique. . . . .	155
3. Suc pancréatique . . . . .	161
4. Suc intestinal . . . . .	166
<b>CHAPITRE IV.</b> — Tissus et organes . . . . .	168
<i>Article premier.</i> — Chimie des tissus . . . . .	168
1. Tissus connectifs . . . . .	168
2. Tissus cornés . . . . .	171
3. Tissu musculaire . . . . .	172
4. Tissu nerveux. . . . .	174
<i>Article deuxième.</i> — Chimie des organes . . . . .	175
1. Centres nerveux . . . . .	175
2. Foie . . . . .	176
3. Organes glandulaires . . . . .	177
4. Glandes vasculaires sanguines. . . . .	178
<b>CHAPITRE V.</b> — Réactions chimiques dans l'organisme vivant. .	179
1 <sup>o</sup> Décompositions . . . . .	179
2 <sup>o</sup> Synthèses. . . . .	184
3 <sup>o</sup> Fermentations. . . . .	185
<b>CHAPITRE VI.</b> — Nature des principes de l'organisme . . . . .	191

## TROISIÈME PARTIE.

### Physiologie de l'individu.

<b>PREMIÈRE SECTION.</b> — Physiologie générale . . . . .	204
<b>CHAPITRE I<sup>er</sup>.</b> — Physiologie cellulaire . . . . .	204
1. Substance organisée ou protoplasma. . . . .	205
2. Cellule . . . . .	211
<b>CHAPITRE II.</b> — Physiologie des tissus ou histophysiologie. . .	224
1. Physiologie des tissus connectifs. . . . .	225
2. Physiologie des épithéliums. . . . .	236



	Pages.
<i>e.</i> Absorption par le tube digestif. . . . .	408
— 1. Absorption alimentaire. . . . .	408
— 2. Absorption sécrétoire. . . . .	411
<i>f.</i> Voies de l'absorption digestive. . . . .	412
<i>g.</i> Phénomènes post-digestifs dans l'intestin. . . . .	415
2. Respiration. . . . .	416
<i>a.</i> Respiration pulmonaire. . . . .	421
<i>b.</i> Respiration cutanée. . . . .	451
3. Sécrétions. . . . .	453
<i>a.</i> Sécrétion rénale. . . . .	453
<i>b.</i> Sécrétion de la sueur. . . . .	461
<i>c.</i> Sécrétion lacrymale. . . . .	463
<i>d.</i> Sécrétion biliaire. . . . .	464
<i>e.</i> Sécrétion du lait. . . . .	469
<i>f.</i> Sécrétion sébacée. . . . .	471
<i>g.</i> Sécrétion spermatique. . . . .	471
<i>h.</i> Sécrétion salivaire. . . . .	472
<i>i.</i> Sécrétion du suc gastrique. . . . .	477
<i>k.</i> Sécrétion du suc pancréatique. . . . .	478
<i>l.</i> Sécrétion du suc intestinal. . . . .	479
4. Absorptions locales. . . . .	479
5. Physiologie du foie. . . . .	483
<i>a.</i> Glycogénie. . . . .	483
<i>b.</i> Autres fonctions du foie. . . . .	493
6. Physiologie des glandes vasculaires sanguines. . . . .	491
<i>a.</i> Physiologie des organes lymphoïdes. . . . .	495
<i>b.</i> Physiologie de la rate. . . . .	496
7. Statique de la nutrition. . . . .	500
8. Assimilation. . . . .	514
9. Désassimilation. . . . .	519
<i>Article second.</i> — Physiologie du mouvement. . . . .	538
1. Production de travail mécanique. . . . .	538
<i>a.</i> Station et locomotion. . . . .	539
— 1. Mécanique musculaire. . . . .	540
— 2. Station. . . . .	546
— 4. Locomotion. — Marche et course. . . . .	551
<i>b.</i> Mécanique respiratoire. . . . .	558
<i>c.</i> Phonation. . . . .	577
<i>d.</i> Parole. . . . .	597
<i>e.</i> Mécanique de la digestion. . . . .	621
<i>f.</i> Excrétion urinaire. . . . .	632
<i>g.</i> Mécanique de la circulation. . . . .	635
— 1. Circulation sanguine. . . . .	635
— 2. Circulation lymphatique. . . . .	701
2. Production de chaleur. . . . .	703
3. Production d'électricité. — Électricité animale. . . . .	724
<i>Article troisième.</i> — Physiologie de l'innervation. . . . .	732
1. Physiologie des sensations. . . . .	732



	Pages.
— 2. Physiologie de la protubérance . . . . .	997
— 3. Physiologie des peduncules cérébraux. . . . .	999
— 4. Physiologie des tubercules quadrijumeaux. . . . .	1000
— 5. Physiologie des couches optiques. . . . .	1001
— 6. Physiologie des corps striés. . . . .	1003
— 7. Physiologie du cervelet. . . . .	1004
— 8. Physiologie des hémisphères cérébraux. . . . .	1011
1. Psychologie physiologique. . . . .	1016
<i>a.</i> Bases physiologiques de la psychologie. . . . .	1016
<i>b.</i> Des sensations. . . . .	1019
<i>c.</i> Des idées . . . . .	1025
<i>d.</i> De l'expression et du langage. . . . .	1026
<i>e.</i> De la volonté . . . . .	1028
<i>f.</i> Vitesse des processus psychiques . . . . .	1029
<i>g.</i> Du sommeil. . . . .	1031
<i>Article quatrième.</i> — Physiologie de la reproduction . . . . .	1032
1. Des éléments de la reproduction. . . . .	1032
<i>a.</i> Spermatozoïdes. . . . .	1032
<i>b.</i> Ovulation et menstruation. . . . .	1033
2. Fécondation . . . . .	1037
3. De la grossesse . . . . .	1041
4. De l'accouchement . . . . .	1042
CHAPITRE II. — Physiologie de l'organisme . . . . .	1044
1. Physiologie de l'organisme aux différents âges . . . . .	1044
2. Des sexes. . . . .	1055
3. De la mort . . . . .	1058
CHAPITRE III. — Action des milieux sur l'organisme. . . . .	1063
1. Influences météorologiques . . . . .	1063
2. Action de l'électricité sur l'organisme . . . . .	1066
3. Toxicologie physiologique. . . . .	1073

## QUATRIÈME PARTIE.

### Physiologie de l'espèce.

PREMIÈRE SECTION. — De l'espèce en général . . . . .	1086
1. Caractères de l'espèce. . . . .	1086
2. De l'origine des espèces. . . . .	1087
DEUXIÈME SECTION. — De l'espèce humaine. . . . .	1091
1. Des races humaines. . . . .	1091
2. Origine de l'espèce humaine. . . . .	1095
3. L'homme préhistorique. . . . .	1096
NOTES ADDITIONNELLES. . . . .	1100

FIN.

Nancy. — Imp. Berger-Levrault et Co.



J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, RUE HAUTEFEUILLE, 19

---

## **LEÇONS SUR LES HUMEURS NORMALES ET MORBIDES DU CORPS DE L'HOMME**

PROFESSÉES A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Par Ch. ROBIN

Professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine

SECONDE ÉDITION, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE

Paris, 1874. 1 vol. in-8° de 1008 p., avec figures. — Cartonné : 18 fr.

---

## **ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE CELLULAIRES**

OU DES CELLULES ANIMALES ET VÉGÉTALES

DU PROTOPLASMA ET DES ÉLÉMENTS NORMAUX ET PATHOLOGIQUES QUI EN DÉRIVENT

Par Ch. ROBIN

Paris, 1873. 1 vol. in-8° de xxxviii-640 p., avec 83 fig. — Cartonné : 16 fr.

---

## **TRAITÉ DU MICROSCOPE**

SON MODE D'EMPLOI

Ses applications à l'étude des injections, à l'anatomie humaine et comparée, à l'anatomie médico-chirurgicale  
à l'histoire naturelle animale et végétale et à l'économie agricole

Par Ch. ROBIN

1871, 1 vol. in-8° de 1028 p., avec 317 fig. et 3 pl. — Cartonné : 20 fr.

---

## **MÉMOIRE SUR L'ÉVOLUTION DE LA NOTOCORDE**

des cavités des disques intervertébraux et de leur contenu gélatineux

Par Ch. ROBIN

In-4° de 212 pages, avec 12 planches. — 12 fr.

---

## **HISTOIRE NATURELLE DES VÉGÉTAUX PARASITES**

QUI CROISSENT SUR L'HOMME ET LES ANIMAUX VIVANTS

Par Ch. ROBIN

1 vol. in-8° de 700 p., avec atlas de 15 pl. en partie coloriées. — 16 fr.

---

## **PROGRAMME DU COURS D'HISTOLOGIE**

PROFESSÉ A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Par Ch. ROBIN

Deuxième édition revue et développée. — Paris, 1870, in-8° de xl-416 pages. — 6 fr.

---

## **TRAITÉ DE CHIMIE ANATOMIQUE ET PHYSIOLOGIQUE NORMALE ET PATHOLOGIQUE**

OU DES PRINCIPES IMMÉDIATS ET MORBIDES QUI CONSTITUENT LE CORPS DE L'HOMME  
ET DES MAMMIFÈRES

Par Ch. ROBIN et VERDEIL

3 forts vol. in-8°, avec atlas de 45 pl. en partie coloriées. — 36 fr.

---

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE.





J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, RUE HAUTEFEUILLE, 19

## **COURS DE PHYSIOLOGIE**

D'APRÈS L'ENSEIGNEMENT DU PROFESSEUR KUSS

Publié par le docteur Mathias DUVAL

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris et professeur d'anatomie à l'École des Beaux-Arts

Deuxième édition, 1873. 1 vol. in-18 de VIII-624 p., avec 152 fig. — Cartonné : 7 fr.

## **COURS DE MICROSCOPIE**

COMPLÉMENTAIRE DES ÉTUDES MÉDICALES

Anatomie microscopique et physiologique des fluides de l'économie

Par le docteur Al. DONNÉ

Docteur de l'Académie de Montpellier, ex-chef de clinique de la Faculté de médecine de Paris

In-8° de 550 pages. — Prix : 7 fr. 50

## **ATLAS DU COURS DE MICROSCOPIE**

EXÉCUTÉ D'APRÈS NATURE AU MICROSCOPE DAGUERRÉOTYPE

Par le docteur A. DONNÉ et L. FOUCAULT

Un volume in-folio de 20 planches gravées, avec un texte descriptif. — Prix : 30 fr.

## **DU MICROSCOPE**

DE SES APPLICATIONS A L'ANATOMIE PATHOLOGIQUE, AU DIAGNOSTIC  
ET AU TRAITEMENT DES MALADIES

Par M. MICHEL

Professeur à la Faculté de médecine de Nancy

Paris, 1857, in-4° de 200 pages, avec 5 planches. — Prix : 3 fr. 50

## **ANATOMIE MICROSCOPIQUE**

Par le docteur L. MANDL

OUVRAGE COMPLET

Paris, 1838-1857, 2 volumes in-folio, avec 92 planches. — Prix : 276 fr.

## **LA PHOTOGRAPHIE APPLIQUÉE AUX RECHERCHES MICROGRAPHIQUES**

Par A. MOITESSIER

Professeur à la Faculté de médecine de Montpellier

Paris, 1867, 1 vol. in-18 Jésus, 340 pages, avec 30 figures et 3 planches  
photographiées. — Prix : 7 fr.

BEAUNIS. Programme du cours complémentaire de physiologie fait à la  
Faculté de médecine de Strasbourg par le docteur H. BEAUNIS, professeur à la  
Faculté de médecine de Nancy. Paris, 1872, 1 vol. in-12 de 112 pages. 2 fr. 50

BYASSON (Henri). Des Matières amylacées et sucrées, leur rôle dans l'éco-  
nomie. Paris, 1873, grand in-8° de 112 pages. 2 fr. 50

LEGRON. Des Nerfs vaso-moteurs, par le docteur CH. LEGRON, agrégé de la  
Faculté de médecine de Paris. Paris, 1873. 1 vol. in-8° de 112 pages. 2 fr. 50

SCHIFF. De l'Inflammation et de la circulation, par le professeur M. SCHIFF,  
traduction de l'italien par le docteur R. GUICHARD DE CHOISY, médecin adjoint  
des hôpitaux de Marseille. Paris, 1873, in-8° de 96 pages. 3 fr.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE.







